Zoologia
Botanica
Crologia
CUVIER
LYELL
LINNEO

22102018696

Med
K4627

4 Vol

12/-

FROM THE COLLECTION OF
EDWARD MORRELL HOLMES

HISTORIA

NATURAL

ПОЛ:АКОК
ГА'К:ЗАВЕР
:О'АКРІ

HISTORIA NATURAL

NOVÍSIMA EDICIÓN PROFUSAMENTE ILUSTRADA

BOTÁNICA

CON INCLUSION DE LA GEOGRAFIA BOTÁNICA

POR DON ODÓN DE BUEN

CATEDRÁTICO DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

TOMO OCTAVO

BOTÁNICA.—I

BARCELONA

MONTANER Y SIMÓN, EDITORES

CALLE DE ARAGON, NUMS. 309 Y 311

1891

ES PROPIEDAD DE LOS EDITORES

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

WELLCOME INSTITUTE
LIBRARY

Coll.	welMOmec
Call No.	QVA 1896

BOTANICA

PRELIMINARES

Substancias orgánicas vegetales. — Demuestran las tendencias actuales de la Física y de la Química que la materia, cuyas varias modificaciones constituyen los seres naturales, es una. En su origen, antes del desenvolvimiento que le ha conducido á las múltiples formas actuales, no tenía los atributos circunstanciales de estas formas, sino los fundamentales de lo que se ha denominado *substancia cósmica*. Pero el naturalista estudia las formas de la materia que tienen ó han tenido realidad en la naturaleza, que viven ó han vivido en los tiempos pasados; y para llevar á cabo este estudio, forzosamente tiene que establecer divisiones que le faciliten.

Hase dividido la materia en primer término por el grado de movilidad de los átomos en las combinaciones moleculares que forman, diferenciándose la materia mineral, inactiva, de escasa movilidad atómica, de la materia orgánica que cambia y se renueva incesantemente y en la movilidad de sus átomos lleva el germen de la vida.

La materia orgánica, á su vez, se divide en animal y vegetal; la primera tiene atributos peculiares si se la estudia en su grado superior de desenvolvimiento y tiene muchos puntos de contacto con la segunda en los grados inferiores; entre ambas existe la relación estrecha que imprime la comunidad de origen. Las substancias vegetales y animales tienen su conjunción en el protoplasma, la materia viva por excelencia, que forma los seres orgánicos inferio-

res, punto de partida de una y otra rama orgánica. El protoplasma es un compuesto de cuerpos albuminóideos, de substancias cuyos radicales son cuaternarios; pero á medida que se diferencia, en el mundo vegetal engendra productos de composición química ternaria y en el mundo animal productos cuaternarios. Se llama substancias vegetales á las primeras, á las formadas por el protoplasma vegetal; substancias animales son las segundas, las formadas en el trabajo incesante del protoplasma animal.

La diferencia que mejor define las substancias orgánicas de uno y otro grupo, es la que se deduce de la composición química elemental; en los vegetales predominan los cuerpos ternarios, en los animales dominan los cuerpos cuaternarios. La celulosa, que forma primero la cubierta de las células; sus derivados, que dan solidez á los tallos, constituyendo el esqueleto de la planta, están compuestos por los tres elementos carbono, oxígeno é hidrógeno. El almidón, material alimenticio acumulado, á veces en grandes cantidades, en determinados puntos del vegetal, substancia elaborada por la célula en su diaria labor, es también un compuesto ternario de carbono, hidrógeno y oxígeno. La generalidad de los elementos orgánicos vegetales están formados por estos tres cuerpos simples.

Los animales se forman principalmente de compuestos cuaternarios, que son más semejantes al plotoplasma originario que los cuerpos de naturaleza vegetal. La albúmina, la gelatina, la caseína, la fibrina, etc., se componen de nitrógeno, oxígeno, carbono é hidrógeno.

Además de esta importante diferencia que separa á las substancias de origen vegetal de las que tienen su origen en los animales, podemos indicar otra; las primeras son de ordinario compuestos carbonados; la química vegetal es la química del carbono. Las segundas son compuestos nitrogenados; la química animal es la química del nitrógeno.

Los compuestos que forman el cuerpo de los animales pueden considerarse como las substancias orgánicas más elevadas. Como indiqué en una obra reciente, «los cuerpos cuaternarios son altamente colóideos; su composición es siempre incierta; la movilidad molecular, por consecuencia, extraordinaria; además no tienen representación ni remota entre las substancias minerales: son el fin

de la serie de cuerpos que comienza en los más permanentes, menos activos, de los minerales, aquellos que exigen tiempo grandísimo para sufrir la más leve variación. No sucede lo propio en las substancias ternarias que forman principalmente la trama de los tejidos vegetales: tienen muchas de ellas gran semejanza con los carburos de hidrógeno, y éstos pueden considerarse como lazo de unión entre los compuestos minerales y los orgánicos.»

Por radicales que aparezcan las diferencias señaladas, no lo son tanto que velen, ni aun en la apariencia, la unidad que existe en la composición elemental de todos los cuerpos.

En los vegetales se encuentran los elementos siguientes:

Carbono	Potasio
Hidrógeno	Calcio
Oxígeno	Magnesio
Nitrógeno	Hierro y
Azufre	Fósforo

con bastante frecuencia

Sodio	Silicio y
Magnesio	Cloro
Litio	

y en las plantas marinas

Yodo y	Bromo.

Y en el animal más elevado, en el hombre, se hallan en el estado normal los que siguen:

Oxígeno	Cloro
Hidrógeno	Sodio
Nitrógeno	Potasio
Carbono	Calcio
Azufre	Magnesio
Fósforo	Silicio y
Fluor	Hierro.

Todos estos cuerpos elementales pertenecen también al mundo mineral; difieren solamente las formas de la materia en la manera de estar combinados tales elementos.

Tampoco es absoluta la diferencia establecida por lo que se re-

fiere al predominio de las substancias cuaternarias en los animales y las ternarias en las vegetales: en la naturaleza las divisiones absolutas son imposibles Existen en las plantas principios cuaternarios de naturaleza albuminóidea; tales son *la albúmina vegetal* ó *glutina* principio coagulable del jugo de algunas plantas; el *gluten* ó *fibrina vegetal*, que se formula según Mülder de 10 (C^{40} H^{31} O^{12} N^{5}) + S; la *legumina*, denominada también *caseína vegetal* y que es común en las semillas de las legumbres; la *clorofila*, cuya composición indica la fórmula (C^{36} H^{30} NO^{4}) y algunos otros cuerpos semejantes á los que se consideran como genuinamente animales. En cambio, en éstos se encuentran compuestos ternarios de naturaleza análoga á los vegetales. La *quitina*, contenida en el dermato-esqueleto de los artropodos, es una substancia ternaria en un todo análoga á la celulosa vegetal. El almidón tiene su correspondiente representante en los animales; según C. Bernard demostró, las células glicógenas del hígado en los vertebrados superiores segregan una substancia amilácea susceptible de transformarse en azúcar, como los almidones de las plantas; el mismo cuerpo halló Rouget en los músculos, en los cartílagos, en la placenta, etc.

Todos estos hechos son prueba más que suficiente de lo que antes hemos afirmado, de que no hay en la naturaleza divisiones absolutas y que el organismo de los vegetales puede engendrar cuerpos cuaternarios, si bien de ordinario son ternarios los que la afirman.

Concepto de la organización. — No componen solamente á un ser orgánico las substancias tenidas por tales; precisa que éstas se hallen de tal manera dispuestas, que realicen las múltiples funciones de la vida; no basta la substancia orgánica para constituir un ser organizado, es forzosa la organización. El estudio microscópico de los cuerpos vivos ha mostrado que los órganos estaban constituídos por unos elementos pequeños, de admirable estructura, que se denominan *histológicos* y que tienen por tipo la célula. Esta adquirió un más alto concepto cuando la embriogenia vino á demostrar que los organismos todos procedían de una primera célula embrionaria, la cual, desenvolviéndose por la energía que le comunica el acto de la fecundación, es capaz de originar unas veces corpulentos árboles

ó humildes plantas, y otras, animales de organización complicada ó rudimentarias organizaciones, según la naturaleza del individuo de que la célula embrionaria procede. El proceso embriogénico y el estudio de la histología han venido á demostrar que el organismo animal y el vegetal están formados de células ó elementos que de ellos derivan, dando pie á la llamada teoría celular. El concepto que de ella formamos ha sido expuesto con detención en otro libro (1).

Un animal ó un vegetal son una colonia ó una sociedad celular entre cuyos elementos se ha dividido racionalmente el trabajo, originándose en órganos diversos que funcionan armónicamente. La célula puede considerarse como el individuo social; no hay para esto inconveniente alguno; la célula que forma parte de una planta ó de un animal tiene vida particular además de contribuir á la que integra el todo social; la célula, aun cuando forme parte de un organismo, se nutre, se reproduce y muere, y al morir no compromete la vida del conjunto; tiene por tanto vida individual independiente, en cierto modo, de la vida social, de la misma manera que en una sociedad humana cada individuo tiene su propia vida y realiza á la vez actos que contribuyen á la vida del conjunto; además hay células no asociadas que tienen la misma estructura de las sociales y viven con entera independencia; tal sucede con los que se consideran como animales ó como vegetales inferiores.

La sociedad celular se regula por leyes, por principios á los que debe su estabilidad, su armonía y su progreso. Estas leyes, estos principios, pueden aplicarse por igual á todas las organizaciones sociales de cualquier grado que sean. Para que un conjunto de individuos adquiera organización, es en primer término necesaria la *división del trabajo social* entre los que se asocian; esta división en las masas de células la impone la misma naturaleza; las que ocupan la parte externa de la masa están en contacto con el medio que les rodea, sufren su influencia y con ella se fortalecen, modificando las

---

(1) Los preliminares del *Tratado elemental de Zoología* (Barcelona, 1890) abarcan los diferentes problemas fundamentales de Biología general, que pueden referirse lo mismo á la Zoología que á la Botánica, puesto que se refieren á la constitución de los cuerpos, á las primeras diferenciaciones de la materia, al protoplasma y á la célula considerada en general y á las asociaciones celulares de que se forman las organizaciones, así animales como vegetales.

condiciones de la cubierta, que se convierte en protectora del conjunto; las células internas, libres de la acción del medio, pueden dedicarse á otro trabajo distinto. Con la división funcional cada célula realiza dos clases de actos; los que atañen á su vida y los que está obligada á realizar para que la sociedad viva; y si estos últimos se van especializando cada vez más y la célula al fin se ve precisada á desempeñar una función concreta toda su vida, adquiere grandes facilidades que le permiten desempeñar su cometido cada vez con más rapidez y más seguridad; la división del trabajo trae consigo la diferenciación del cuerpo social en órganos distintos, la *diferenciación orgánica*, y además el *perfeccionamiento funcional*, que da por resultado forzoso un *progreso orgánico* incesante.

La teoría celular, apoyada en hechos que la observación pone de relieve, fundada en principios que pueden considerarse universales, aclara de un modo admirable los problemas que con la organización se relacionan, explica racionalmente lo que son las formas orgánicas, forma un concepto natural y sencillo de las modificaciones sufridas por los seres organizados al través de los tiempos.

El protoplasma, la substancia viva por excelencia, rodeándose de una membrana, se convierte en una célula; la membrana es hija de las circunstancias; en un medio propicio, aquel plasma de tan grandes actividades desenvuelve su ciclo vital; en una atmósfera que no reuna condiciones favorables, la superficie de la masa protoplásmica se deseca y forma una envoltura al resto; el protoplasma interior suele concentrarse originando un núcleo; entonces se puede considerar formada una célula; ésta no presenta los caracteres de vegetal ni de animal, es un plasma diferenciado. El elemento histológico fundamental tiene vida propia, como le tiene la substancia de que procede; nace, se nutre, con la nutrición abundante crece, el crecimiento le hace dividir su masa y por tanto se reproduce; cuando es vieja muere, pero deja como razón de su existencia otras más jóvenes que continúan su obra. Todo esto sucede á diario en el proceso de la ontogenia, del desenvolvimiento de los seres á partir del huevecillo de que proceden; esto mismo sucedió al comenzar la vida en la era arcaica en el seno de los primeros océanos.

La asociación es ley ineludible de la naturaleza; todo lo que no

se asocia se destruye, y la asociación trae como consecuencia la organización; individuos asociados que no se organizan y se dividen el trabajo, no pueden existir largo tiempo, y si existen no progresan; sociedad que se organiza sólidamente, es sociedad que alcanza larga vida de progreso. Lo mismo que la asociación, el progreso es ley natural. Las células tienden á asociarse; si las hijas persisten unidas á la madre, y esto es frecuente, al cabo de algún tiempo se forma una masa de individuos celulares; entonces nace la división del trabajo y todas las necesarias consecuencias, antes indicadas, que dan lugar á la organización. También esto sucede á toda hora en la naturaleza; así se verifica el desenvolvimiento embrionario, lo mismo en el vegetal que en el animal; así debió verificarse el proceso de la organización en los mares primitivos. La doctrina celular es un hecho que á cada paso encuentra su demostración.

El concepto orgánico — á tan grandes rasgos expuesto, como noción preliminar que nos permita un juicio exacto de lo que significan las variaciones que los seres vivos ofrecen — este concepto celular, en tan sólidos cimientos fundado, tiene consecuencias de gran importancia.

Afirma en primer término la estrecha unidad que existe en medio de la variedad inmensa de los seres organizados; todos ellos tienen el mismo origen, comienzan por ser una célula; todos ellos tuvieron tambien el mismo origen en el tiempo según la Paleontología demuestra. Además son todos ellos sociedades ó colonias de células, y estas sociedades ó colonias se forman con arreglo á principios comunes. La unidad no puede ser más estrecha. Un ser organizado, un animal, un vegetal cualquiera, es una forma especial de la asociación de células, que tiene condiciones vitales; los animales ó vegetales distintos son grados diversos de la asociación celular.

Afirma el concepto admitido en segundo término la necesidad del progreso, y le hace derivar del trabajo y de la racional y armónica distribución de éste; se ve también que el progreso de los organismos es una consecuencia de la asociación. El progresar, además, es incesante: dividido el trabajo entre los individuos y entregado cada uno á labor limitada se habitúa á ella, el hábito

engendra la facilidad y ésta aminora el esfuerzo; así cada órgano progresa parcialmente y el conjunto se va separando cada dia más de su primitiva forma. Por otra parte, es difícil establecer límites á la división funcional; el acto fisiológico más sencillo se divide y subdivide, aparecen órganos nuevos y éstos se perfeccionan; después de afianzado el perfeccionamiento tienen lugar nuevas divisiones.

En todo este proceso influye mucho el medio que á la organización rodea: si éste cambia, ó el ser se adapta á él ó perece.

Otro corolario forzoso de la doctrina celular es el siguiente: las formas de la organización son accidentales; nacen del progreso orgánico y de la adaptación del ser al medio que le rodea, y viven mientras este medio no se modifica ó mientras nuevos progresos no señalan un grado mayor de organización.

Siguiendo las deducciones de la doctrina celular, del concepto que nos merece la organización, podríamos ir muy lejos; en estos cimientos se funda todo el sistema de la filosofía natural, que tiene la ventaja de su sencillez, de que se nutre con los hechos, y los hechos naturales están siempre á la disposición del observador. Nos proponíamos sólo hacer un bosquejo, del cual hemos de aprovecharnos continuamente al trazar el cuadro de la Botánica, y hemos cumplido nuestros propósitos.

Atributos de la vida. — En los párrafos anteriores queda sentado que existe una substancia formada de los mismos elementos que la materia mineral, pero que la índole especial de sus elementos constitutivos y las combinaciones que forman, le permiten la ejecución de actos que son considerados como vitales. Estos actos pueden reducirse á cuatro: la renovación de substancia, el crecimiento, la división en masas distintas y la irritabilidad; todos ellos se deben á la actividad, á la movilidad incesante de los átomos. La materia orgánica fundamental, el protoplasma, verifica cambios con los elementos que le rodean, y así renueva las pérdidas que sufre; este acto es un acto de nutrición; á veces adquiere mayor substancia de la que pierde y aumenta de volumen, da lugar á un fenómeno de crecimiento; cuando crece mucho, la masa se opone al desarrollo de su actividad y se divide en dos masas distintas, se reproduce; si las

condiciones exteriores no le son ventajosas se manifiesta sensible á ellas y se sustrae en lo posible, ya concentrando su masa, ya moviéndose hacia otros puntos mejores. Vemos que la vida del protoplasma se reduce á la nutrición, á la reproducción consecuencia de un exceso de la primera, y á la sensibilidad: estos tres actos son los fundamentales de la vida de los cuerpos orgánicos.

Existe, por lo tanto, una vida de la materia, hija de la actividad de los átomos que á ésta constituyen; una vida que se traduce en cambios, en metamorfosis de aquella materia, y que se manifiesta en su grado superior en lo que se denominan substancias orgánicas, las cuales reunen la suma de condiciones necesaria para el desenvolvimiento de una gran actividad atómica. El cuerpo que aparezca más bruto, de forma más estable, cambia, se modifica con el transcurso del tiempo, es sin embargo el prototipo de la materia mineral, de la que se considera materia muerta; la Geología demuestra en la mineralogenesis y en el metamorfismo de las rocas los cambios incesantes que la materia mineral experimenta; las rocas y los minerales tienen también su fisiología. Aparte de esta *vida*, que podemos considerar *universal*, porque todo en la naturaleza cambia y se transforma, existe otra vida, la *vida de los organismos*, y esta es la que nos interesa especialmente en Biología.

Tiene la vida orgánica los mismos atributos que anteriormente hemos señalado al protoplasma; se descompone también en actos de nutrición, actos de reproducción y actos de relación con el mundo exterior. Veamos cómo: el organismo al funcionar consume fuerza y consume materia; necesita renovar sus pérdidas, lo mismo que el protoplasma particular de cada célula; la manera como realiza esta nutrición varía en los diferentes organismos, pero la función es ineludible, no se concibe la vida sin ella. Se descompone esta función en actos diversos; precisa tomar las substancias nutritivas y convertirlas en materia orgánica asimilable: esto hacen los vegetales por la absorción, por los fenómenos íntimos de asimilación, por la digestión algunos y por la respiración todos; si el organismo es muy extenso, como las células que le constituyen ocupan lugar fijo, ha de ponerse en contacto con todas ellas la substancia nutritiva ya preparada y es forzosa la circulación de dicha substancia por todo el organismo. No se concibe tampoco la vida social sin la reproducción,

sin que nuevos organismos sustituyan á los organismos viejos; si no la vida sería un caso aislado, carecería de la continuidad, que es atributo esencial. Pero la reproducción de un todo social requiere condiciones muy especiales que se reunen en órganos á veces de complicada estructura. El organismo no puede emanciparse de las influencias que le rodean, necesita defenderse de las que puedan perjudicarle, aprovechar las que le sean ventajosas; son de todo punto necesarios actos de relación que aun cuando no aparezcan ostensiblemente se demuestran por las consecuencias que reportan. La nutrición, la reproducción y la relación que de un modo tan natural y sencillo tienen lugar en el protoplasma, en los organismos se dividen y se subdividen en actos distintos, á veces muy variados y que son muy diferentes según la manera de estar dispuestas las células, según la forma que la organización reviste. La vida de los organismos presenta variados caracteres, modificándose en lo accidental los actos fundamentales que pueden considerarse como sus atributos.

En Biología se describe el desenvolvimiento de la vida orgánica en una parte denominada Fisiología, así como las variaciones y las formas de la organización se estudian en otra parte, la Anatomía, dejando el estudio de los elementos que constituyen la sociedad, la célula y sus derivados, para una tercera parte, conocida con el nombre de Histología.

Protistas; animales; vegetales. — Hemos reconocido una substancia orgánica vegetal y otra substancia orgánica animal; entre ellas existen diferencias, que han sido señaladas, y existe también una íntima relación, que hemos fijado. Con todo ello no hemos pretendido diferenciar el mundo animal del mundo vegetal, ni menos exponer el concepto que esta división nos merece; para fijar los caracteres del uno y otro grupo orgánico hay que tener en cuenta la diferente organización de las asociaciones celulares que cada cual comprende y el modo distinto de verificarse la vida orgánica en unos y otros seres.

Siempre han surgido grandes dificultades al pretender fijar de un modo concreto los caracteres mediante los cuales un individuo se consideraba perteneciente al mundo animal ó al mundo vegetal;

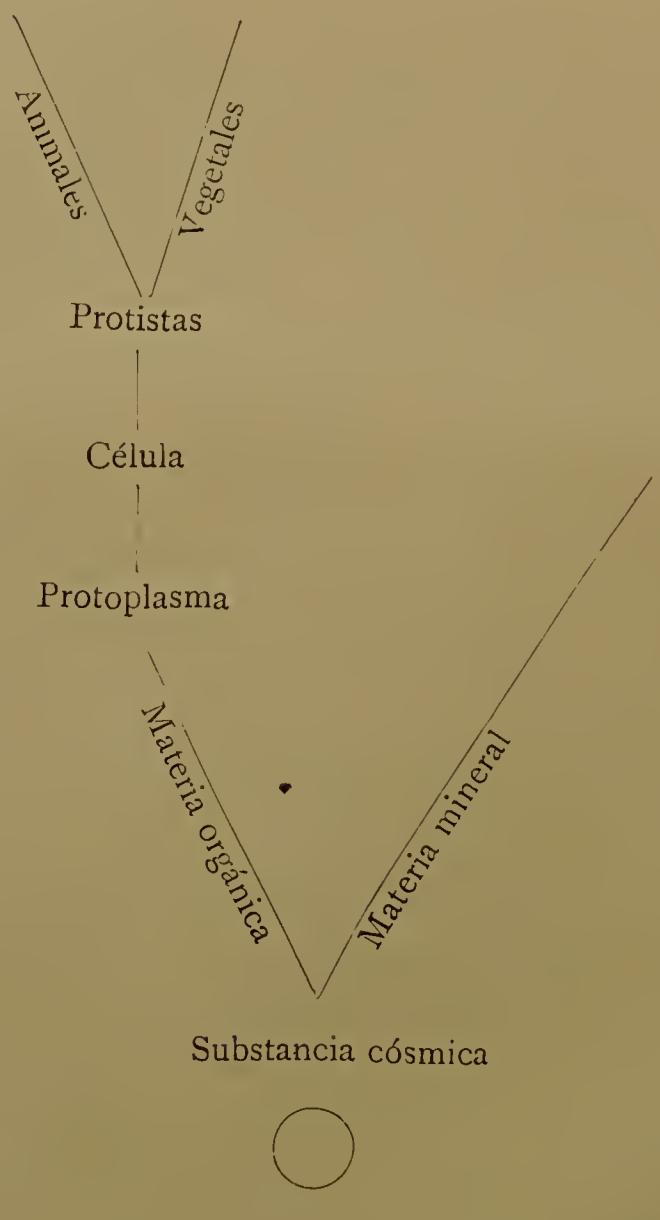
y es porque se partía de unas bases erróneas por completo, la de creer que vegetales y animales eran esencialmente distintos, vivían en la naturaleza con funciones antagónicas, y la de prescindir del sinnúmero de protoorganismos que lo mismo pueden ser protofitos que protozoos y que en realidad son lo uno y lo otro.

Conviene, por tanto, fijar claramente el verdadero concepto que nos merece esta división de los seres en animales y vegetales. La materia orgánica, una, al diferenciarse, como antes explicamos, engendró la célula, un protoorganismo, ó mejor un individuo orgánico, que cuando tiene vida autónoma, independiente, no es vegetal ni animal. Como las primeras formas de esta vida orgánica han hallado siempre condiciones favorables á su existencia, no desaparecieron, sino que persisten y han sufrido modificaciones dentro de la simplicidad de su estructura, presentando formas variadas y modos distintos de vida, sin traspasar esta especie de zona neutral, donde se hallan caracteres que convienen á uno y otro grupo de organismos. Los seres celulares, citódicos y protoplásmicos, que son muchos, estudiados detenidamente, han sido por unos considerados como vegetales, por otros como animales, y claro es que ante esta incertidumbre es imposible de todo punto fijar los límites de los dos grupos. Ernesto Hæckel, el insigne profesor de Jena, al que las ciencias naturales deben tan vigorosos impulsos, quiso zanjar el conflicto estableciendo entre animales y vegetales el grupo intermedio de los *protistas*, y reunió en él los protoorganismos siguientes:

1.º Móneras: amibas y bacterias
2.º Rizópodos amorfos.
3.º Gregarinas.
4.º Flagelados.
5.º Catalactos.
6.º Infusorios.
7.º Acinetos.
8.º Labirintulados.
9.º Diatomáceas.
10.º Hongos.
11.º Mixomicetos.
12.º Talamóforos.
13.º Radiolarios.

El procedimiento de Hæckel es bueno; con los protistas la cuestión se aclara; entonces las primeras diferenciaciones de la materia, los primeros grupos establecidos, adquieren su verdadero valor, se aprecia á la vez que el proceso de diferenciación la estrecha unidad que á todos los seres impone el común origen.

Del primer proceso de la naturaleza podemos formar el siguiente esquema:



Separados los protistas, quedan en el grupo zoológico asociaciones celulares dispuestas en sentido favorable á una vida de actividad y movilidad crecientes, que motivan una amplia división del trabajo y por tanto organización complicada, y otras asociaciones, las vegetales, propias para la vida sedentaria, que no exige gran actividad funcional y que, no logrando amplia división del trabajo, no crea órganos numerosos con funciones concretas y especiales

cada uno. La relación entre vegetales y animales aparece clara y terminante, proceden del mismo tronco; las diferencias entre ambos grupos son sólo de grado, constituyen asociaciones celulares diversamente organizadas; son en realidad dos direcciones distintas, convergentes hacia el punto de partida, pero que divergen cada vez más y aparecen como términos muy distintos cuando se les compara lejos de su origen.

Y en verdad que, separados los protistas, aparece bien clara la diferenciación de vegetales y animales; tiene caracteres bien especiales la vida de unas y otras asociaciones de células. Hay sin embargo no pocos hechos que vienen á comprobar que no puede admitirse la división como absoluta. A la parte de la Historia Natural que estudia los animales se le llama Zoología desde tiempos antiguos; á la que estudia los vegetales, Botánica: en los tiempos en que tal división se estableció no eran conocidos los lazos de unión que hoy existen entre ambas ramas; parece que debiera establecerse un tercer nombre para la parte que se ocupa de estudiar y describir los protistas. En realidad no es indispensable; ante la ciencia moderna no tienen los términos *Botánica* y *Zoología* el mismo significado de antes; ambas partes lo son de una importante rama de la Historia Natural, la Biología; ésta comprende *parte general* y *parte especial;* en la primera se estudian las condiciones de la vida y los problemas que se relacionan con la organización en general; en la segunda se describen los seres, primero los protistas, después los vegetales y luego los animales.

En el presente libro debieran sólo describirse los seres genuinamente vegetales, prescindiendo de aquellos que están incluídos entre los protistas. No obstante aceptar como bueno el criterio expuesto, describiremos en la Botánica varios grupos de protistas que los botánicos incluyen en sus clasificaciones como protofitos; tales son las bacterias, las diatomáceas, los hongos, etc. De este modo nos acomodaremos también al orden corriente en las obras botánicas y al plan general de la obra á que este *Tratado de Botánica* pertenece.

Quedará siempre como conclusión la dificultad de fijar los límites de la Botánica y la necesidad imperiosa de hacer estas consideraciones para que el lector sepa el concepto con el cual estable-

cemos las divisiones de los seres orgánicos y las correspondientes de la ciencia que de ellos se ocupa.

División de la Botánica. – Todas las ciencias que se ocupan de la naturaleza pueden dividirse desde luego en dos partes principales, una *general* y otra *especial:* la primera trata de aquellas cuestiones que afectan al conjunto de los seres ó de los fenómenos cuyo estudio constituye el objeto de la ciencia; la segunda clasifica aquéllos ó éstos, los agrupa para mejor comprenderlos y los estudia en concreto, buscando unas veces en el análisis la comprobación de los principios generales enunciados en la parte primera, aplicando en ocasiones estos principios para aclarar mejor los detalles.

En la Zoología, la rama de la Biología que estudia las organizaciones animales, admitimos una parte general, en la que enunciamos lo que afecta á la organización de los seres zoológicos, á su modo de funcionar y á la manera de desenvolverse; y admitimos una parte especial, en la que vamos examinando, grupo por grupo, las diversas organizaciones desde los diferentes puntos de vista morfológico, anatómico, fisiológico y embriológico.

En la Física – que estudia la forma de los cuerpos y la razón de esta forma, los modos diversos de manifestarse la energía que en las relaciones de las formas de la materia se desenvuelve – tiéndese también á admitir una parte general, la *mecánica*, que estudia el movimiento, las transformaciones de la fuerza, que en sí es una y sin embargo se manifiesta de tantos modos, cuanto afecta por igual al calor y á la luz, á la electricidad y al sonido, al cambio de estado y al equilibrio molecular, y se admite otra parte especial donde al detalle se expone cuanto afecta á cada modo de manifestarse la energía.

En Botánica, aceptando el mismo criterio, estableceremos dos partes, la Botánica general y la Botánica especial; y aun cuando pudiera incluirse en la primera, dada su importancia, su extensión y los conocimientos previos que exige, admitiremos una tercera parte, la Geografía botánica.

Así en el estudio particular de los organismos como en el estudio general, la costumbre ha establecido diferentes partes que

respetaremos, si no como grandes divisiones á la manera de otros autores, como divisiones parciales de cada una de las dos grandes ramas de la Botánica.

Si se estudian los elementos orgánicos, los individuos de la sociedad, la célula y los derivados suyos, lo que pudiéramos llamar la constitución íntima de los vegetales, para cuyo estudio hacen falta el microscopio y los instrumentos que auxilian al micrógrafo en sus investigaciones, se persiguen los fines de una rama de la Botánica, ya general, ya especial, que se denomina *Histología vegetal.*

Las células de aspectos diferentes, las fibras, los vasos, los tejidos, forman los órganos diversos de que se compone el conjunto del ser organizado, y el estudio de estos órganos, cuanto afecta á su posición, estructura, etc., se estudia en otra rama llamada de antiguo *Anatomía vegetal.*

La vida se descompone en funciones distintas, y éstas se realizan de modo diferente según la forma de los órganos; el estudio de las funciones de una organización vegetal se llama *Fisiología vegetal.*

Hay algo externo, de conjunto, que depende de la forma y posición de los órganos, que se relaciona mucho con el género de vida y con las modificaciones del medio que rodea á la planta, y esto se estudia en una parte de la Botánica conocida con el nombre de *Morfología vegetal.*

No sólo debe estudiarse la organizión formada, sino que, para completar el conocimiento de los seres, precisa conocer su desarrollo, la vida individual desde el instante en que la fecundación inicia un nuevo ser hasta que la muerte marca el término de su existencia, y este estudio en Botánica recibe el nombre de *Ontogenia vegetal.*

Y no basta conocer el desarrollo del ser; en la fecundación se acumula la fuerza de todo un proceso evolutivo; en la Ontogenia se repite sumariado este proceso desenvuelto en el tiempo; cada vegetal tiene su árbol genealógico, y el estudio de la descendencia se denomina en Botánica *Filogenia vegetal.*

Es forzoso dividir los vegetales en grupos; sin ello sería muy difícil un estudio especial; además la clasificación persigue otros

fines altamente científicos en armonía con la ciencia actual; la parte que de las clasificaciones botánicas se ocupa es la *Taxonomía vegetal.*

La simple descripción de las plantas recibe el nombre de *Fitografía.*

Aún suelen emplearse otros términos en la Botánica: se llama *Teratología* el estudio de las deformaciones; *Glosología*, la parte en que se dictan las reglas del lenguaje botánico, etc.

El plan general de la obra, acomodado á las anteriores consideraciones, se refleja en el siguiente cuadro:

PLAN DE LA BOTÁNICA

I—Preliminares

II – Botánica general
- *Histología*
- *Anatomía*
- *Morfología*
- *Fisiología*
- *Ontogenia*
- *Filogenia*
- *Taxonomía*

III – Botánica especial
- 1—*Talofitas*
- 2—*Muscíneas*
- 3—*Criptógamas vasculares*
- 4—*Fanerógamas*

IV – Botánica geográfica

En la Botánica especial, á cada uno de los grandes grupos que se establecen ha de aplicarse la misma división de materias que se hace en la Botánica general; en ésta se estudian la Histología, Anatomía, etc., consideradas en sus principios generales aplicables igualmente á todas las plantas; en la parte especial ha de estudiarse la Histología, Anatomía, Fisiología, etc., primero de las talofitas, después de las muscíneas, y así sucesivamente.

Método de estudio. – El plan expuesto exige un desenvolvimiento apropiado que se armonice con el estado actual de la cien-

cia y con las exigencias del método experimental, único que hoy puede aceptarse para el estudio de los seres y de los fenómenos naturales. No bastaría que en esta obra se sintetizara lo mucho conocido respecto á cada una de las partes en que se divide: precisa despertar en el lector el espíritu de observación y darle motivo, señalarle el camino, para que por sí solo compruebe los hechos que se exponen. Esto se consigue aplicando con oportunidad unas veces el procedimiento sintético, otras el procedimiento analítico.

No es indiferente ni mucho menos un orden ú otro en el estudio de los grupos distintos admitidos en la Botánica especial. De comenzar por los organismos superiores é ir descendiendo en las jerarquías orgánicas vegetales, á comenzar por los seres más sencillos para ascender hasta las plantas de mayor complicación orgánica, hay mucha diferencia y muy radical; cambia del uno al otro sistema por completo el carácter de la obra.

En la Botánica general, especialmente para el estudio de la morfología y de la anatomía, es bajo todos los aspectos ventajoso el método monográfico, seguido con tanto éxito en la Zoología. Nada precisa y fija con más facilidad y exactitud las cuestiones de anatomía y aun de fisiología, como el estudio de varios tipos de organización convenientemente elegidos. Concentrada la atención en una planta determinada, que se puede tener á la vista, no sólo se aprecian admirablemente los caracteres todos, sino que se ve la posición que los órganos ocupan, la relación y armonía que las funciones guardan entre sí; se estudian las partes y el conjunto á la vez, se analiza, y del análisis brota con naturalidad la síntesis: en la monografía de un individuo se pueden estudiar grandes cuestiones de conjunto; nada de particular tiene el gran éxito obtenido con la monografía del cangrejo de río, hecha por Huxley como introducción al estudio de la Zoología. El mismo fin se ha propuesto para el estudio de los vegetales Lanessan en su obra sobre el abeto, introducción al estudio de la Botánica.

No basta, sin embargo, una monografía para desarrollar el plan de la Botánica ó de la Zoología generales. En una obra reciente (1),

---

(1) Odón de Buen: *Tratado elemental de Zoología*, Barcelona, 1890.

inspirada en la práctica de la cátedra, he desarrollado el plan de la organización de los animales eligiendo varios de éstos que representaran de un modo gráfico los diversos grupos zoológicos; este procedimiento da resultados altamente satisfactorios no sólo para la cátedra sino también para todas aquellas personas que quieren estudiar por sí la Zoología.

Se ha intentado muchas veces unificar el plan y el método de estudio de las dos ramas en que se divide la Biología; el propósito encierra no pocas dificultades, que creemos haber vencido ó intentamos vencer en el curso de este libro, hecho con el mismo plan y siguiendo el mismo método que en Zoología. Como allí, después de exponer los principales hechos de la Histología, estudiaremos varios tipos de organizaciones vegetales que representen á las talofitas, muscíneas, criptógamas vasculares y fanerógamas; de este modo hemos de conocer mejor las formas de la organización y el modo como las funciones orgánicas se verifican en relación con estas formas; además adquiriremos noción clara de lo que son los grandes grupos vegetales, y, fija la atención en unos cuantos tipos, no hemos de fatigarla tanto como exponiendo órgano por órgano en la serie vegetal la estructura y el funcionalismo, tarea enojosa que la anatomía y la fisiología comparadas se impusieron hasta aceptar el criterio monográfico, que tanta importancia da á la *Anatomía comparada de los animales*, publicada actualmente por Vogt y Yung.

En todas las descripciones en que se necesita recorrer los grupos botánicos, en la colocación de los vegetales elegidos como tipo de estudio y luego en la sucesión de los grupos, partimos siempre de lo más sencillo y elemental, ascendiendo gradualmente hasta las formas superiores; este orden es inverso del que se siguió en los libros antiguos y aún se sigue en programas y libros de algunas cátedras españolas medio siglo separadas del espíritu de la ciencia contemporánea. Han tendido siempre zoólogos y botánicos en sus clasificaciones á copiar la naturaleza; han denominado naturales aquellas que parecían más en armonía con los hechos observados, demostrando así que el naturalista debe poner toda su atención en no separarse de lo natural. Pues bien: la naturaleza en el proceso de las formas orgánicas, así vegetales como animales, ha comenzado

siempre por lo más sencillo; no aparecieron primero árboles corpulentos formando selvas espesas que cubrieran la superficie de la tierra, sino que la vida vegetal se inició con las criptógamas más rudimentarias, y los árboles de grandes troncos y las plantas de hermosas flores aparecieron mucho después. Y quien en el desenvolvimiento de la Botánica quiera aproximarse al proceso natural, ha de comenzar por las formas vegetales más sencillas, por las talofitas, y seguir poco á poco estudiando formas de mayor complicación hasta las superiores que hoy conocemos.

Hay además una razón pedagógica que apoya este procedimiento; en el estudio no debe comenzarse nunca por lo más complicado para terminar con lo más sencillo, sino que debe seguirse un orden inverso. ¿A qué físico se le ocurriría para estudiar las máquinas de vapor comenzar por la descripción de las complicadísimas que hoy se conocen? ¿No es lo natural que el estudio comience por las primeras que se inventaron, y por los hechos vulgares que demuestran el principio en que tales máquinas se fundan? Con este orden no sólo se facilita el conocimiento del asunto, sino que además se desenvuelve por el mismo orden que la naturaleza le ha desenvuelto. En la embriogenia, antes de llegar una organización á la forma de sus padres, recorre otras formas más sencillas á partir de la célula, que recuerdan el proceso seguido en el tiempo; á este mismo proceso debe someterse la exposición de las formas de los seres naturales; comenzar por la célula, seguir después con los organismos solamente celulares, luego por aquellos en que los elementos histológicos están más diferenciados, y así sucesivamente.

En el desarrollo del libro hemos procurado, pues, seguir los pasos de la naturaleza en lo posible; en las cuestiones de carácter general seguimos el procedimiento sintético á la vez que el analítico, y como base de la Morfología y de la Anatomía el método monográfico.

Carácter de la Botánica moderna. – La obra de los sabios, como el trabajo todo, se acomoda á las condiciones de lugar y tiempo y la ciencia se presenta con caracteres distintos en los períodos diversos de su historia; sigue en cada época diferente derrotero y

manifiesta hoy sus preferencias por cuestiones que decaerán más tarde para dejar lugar á otras, aun cuando siempre, en medio de tales cambios, resplandezca un fin principal y se persigan trascendentales problemas que fueron planteados en los más remotos tiempos.

Cuando se desconocían las formas de los vegetales en su mayor parte y los descubrimientos de tierras nuevas y los viajes de los especialistas enriquecían el reducido catálogo de las plantas conocidas, el afán de los botánicos fué describir y clasificar, y la Fitografía avanzó á pasos agigantados, menudeando las floras descriptivas de especies, los catálogos parciales y las monografías de los grupos. Tras de aquella furia fitográfica, la Anatomía y la Fisiología botánicas comenzaron á adquirir influencia, á preocupar á los botánicos, y las organizaciones vegetales y su funcionalismo merecieron la predilección de observadores pacientes y hábiles experimentadores. La aplicación del microscopio mostró un mundo nuevo; más allá del órgano aparecía el tejido y en éste una gran variedad de elementos fundamentales, cuyo estudio adquiere cada día mayores vuelos, ensanchando el campo de la Histología vegetal. Este movimiento de la Botánica en sentido biológico continúa hoy y continuará durante mucho tiempo.

Todavía los viajeros recorriendo países apenas conocidos, aumentan el contingente de las formas del mundo vegetal, aún se completan las floras regionales y se retocan las que se juzgan completas; el estudio del detalle morfológico se persigue por muchos que prestan con esto un señalado servicio; pero los botánicos á la moderna están en el laboratorio y en el campo de observación, no recogiendo plantas y clasificando especies, sino persiguiendo la Anatomía y la Histología hasta el último detalle con el criterio que permite un estado de los conocimientos tan avanzado como el actual y la ayuda de otras ramas científicas que han realizado sorprendentes progresos, y escudriñando á la vez las más leves manifestaciones de la vida y de sus múltiples funciones.

Como es natural, en los tiempos pasados se estudiaban las plantas más visibles y se desconocían ó poco menos las modestas formas de la vida vegetal que constituyen el mundo de las criptógamas; no disponían los botánicos de los poderosos medios de ob-

servación que hoy pone la Física en sus manos. Y otro carácter de la Botánica moderna es el que le imprimen sus predilecciones por la Criptogamia; en poco tiempo ésta ha adquirido tales vuelos que supera en interés y en atractivos al estudio de las fanerógamas.

En nuestros días, puede decirse que se han formado, ó por lo menos han adquirido relieve, dos importantísimas ramas de la ciencia de los vegetales, la Fitopaleontología y la Geografía botánica. El estudio de las plantas que cubrieron los continentes en las edades pasadas y cuyas impresiones ó fósiles encontramos con frecuencia entre los estratos, nos revela un mundo nuevo, proporciona labor para ensanchar los conocimientos botánicos y completa las series de formas que se han sucedido sobre nuestro planeta en el proceso del desenvolvimiento vegetal.

La Geografía botánica se puede decir que marca mejor que ninguna otra rama el carácter de la Botánica contemporánea. Sigue en nuestros tiempos la labor de acumular materiales; sobre todo, se activa el trabajo de los especialistas en aquellos grupos y en aquellas materias que fueron de los antiguos desconocidas ó abandonadas; pero la principal labor es la de generalización, la de síntesis. Con la base de los hechos acumulados se forma el edificio en el que se emplean todo género de materiales. Con la Geografía botánica se generaliza mejor que con cualquier otro asunto; no se limita á conocer la distribución de los vegetales por el globo, sino que busca las causas de esta distribución, y como es hija del medio, del suelo en que la planta vive y del aire en que muchos de sus órganos se agitan, ha de entender en la relación que el organismo guarda con aquellos elementos y las modificaciones que experimenta cuando tales elementos cambian, y de este estudio se derivan problemas trascendentales como el de la adaptación, el de las emigraciones, el de la desaparición de formas antiguas y la aparición de nuevas formas, etc., etc. Si por añadidura se relaciona la flora de cada país con las que se sucedieron en las edades geológicas pasadas, se pueden calcular las variaciones que el medio experimentó, las condiciones que rodearon á la vegetación en cada período, un gran número de hechos que así aprovechan al geólogo como al botánico y al zoólogo y aun al físico. Tiene la Geografía botánica

por sus deducciones un marcado sello filosófico que cuadra muy bien con el espíritu científico dominante.

Preside á los trabajos botánicos, como á todos los científicos, el criterio unitario dominante; se multiplican las especialidades porque el campo de la ciencia es cada día más vasto, pero se unen y enlazan todas las ramas científicas de tal modo, que las deducciones de las unas aprovechan á las otras, viniendo á resultar esas sólidas generalizaciones tan sorprendentes y tan fructíferas, que dan unidad y aclaran el trabajo del pensamiento humano tanto como le hacían confuso y propenso á los dualismos las elucubraciones de la vieja Filosofía dogmática.

PARTE PRIMERA

BOTANICA GENERAL

HISTOLOGIA

CAPÍTULO PRIMERO

LA CÉLULA

I. – ESTRUCTURA

Partes de la célula. – Procede directamente del protoplasma, la substancia viva por excelencia, cuya estructura molecular y cuya composición química responden admirablemente al estado de movilidad y de renovación que es preciso para el cumplimiento de las funciones vitales.

Figura 1. – *Una célula típica.* – *M*, membrana; *P*, protoplasma; *N*, núcleo; *n*, nucleolo.

Tiene la célula (figura primera) una organización aunque rudimentaria: hay en la masa protoplásmica que le constituye división del trabajo; se la puede considerar como un protoorganismo. Es, además, según hemos sentado en los preliminares, la base de las organizaciones, tanto vegetales como animales. En los primeros es más fácil hallarla; un pedazo de epidermis, un corte de la corteza, de la hoja de la flor, etc., vistos al microscopio, denuncian en seguida su estructura celular.

Para estudiar prácticamente la célula vegetal se pueden elegir los pelos que cubren los estambres de la *Tradescantia*, planta muy frecuente en los jardines. Vistos al microscopio, aparecen formados de células colocadas en fila; la terminal, que es la más joven, está la mayor parte de las veces completamente llena de protoplasma;

le rodea una *membrana* que separa á éste del exterior y le separa de la célula segunda y en el centro se apercibe un cuerpo más denso, de contorno circular, que es el *núcleo* y tiene á su vez un *nucleolo*. La célula, en plena juventud, completamente diferenciada, se compone, pues, de cuatro partes; el protoplasma origen de las demás, la membrana exterior, el núcleo y el nucleolo.

En los animales es muy frecuente la falta de membrana; la célula desnuda puede emitir prolongaciones por todas partes, cambiar incesantemente de forma; en los vegetales falta la membrana pocas veces; sólo se observa este caso en determinados órganos reproductores de las criptógamas; los plasmodios de los mixomicetos son masas protoplásmicas desnudas; lo son también muchas zoosporas, oosferas, anterozoides, etc.

También falta á veces el núcleo, los sacaromicetos, hongos unicelulares entre los que está comprendida la *levadura de cerveza (Saccharomyces cerevisiæ* Meyer), carecen de aquel órgano celular.

En cambio hay algunos casos en que dentro de una célula existen varios núcleos, ya de un modo circunstancial, ya de una manera permanente; en el saco embrionario de las fanerógamas, temporalmente, después de formarse el huevecillo, aparecen muchos núcleos. De un modo constante, se observa esta pluralidad en las células que forman el cuerpo vegetativo de ciertas talofitas, en el suspensor del embrión de algunas fanerógamas, en el albumen de otras plantas de este grupo, etc., etc. El número de núcleos es á veces muy considerable.

Cuando la célula está algo adelantada en su vida, el protoplasma no rellena por completo la cavidad limitada por la membrana, y entonces aparecen espacios que, por creerlos vacíos, recibieron el nombre de *vacuolas*, cuando en realidad están llenos de una substancia denominada *jugo celular*.

En las células que forman parte de un organismo vegetal es difícil hallar la estructura típica que hemos descrito; con frecuencia la membrana, el núcleo ó el protoplasma sufren importantes modificaciones, y este último origina substancias variadísimas, muestra de su extraordinaria actividad química, que permanecen de un modo permanente ó transitorio dentro de la celdilla y hacen variar su estructura.

Las partes de la célula, las modificaciones que sufren y las formas que adquieren, los productos celulares todos y la vida del pequeño protoorganismo han de ser objeto de descripción en el presente capítulo.

Disposición de las partes en el interior de la célula. — Varía considerablemente según la edad de la célula. Al nacer ésta le constituyen: una membrana delgada y transparente, limitando una cavidad por completo llena de un protoplasma viscoso, incoloro, que contiene pequeñísimas granulaciones grises; en el centro, un núcleo esférico, por regla general voluminoso, formado de una substancia más densa que la protoplásmica, pero también incolora y además sin granulaciones; en la parte media del núcleo, uno ó dos nucleolos brillantes.

Fig. 2. – Célula con numerosas vacuolas.

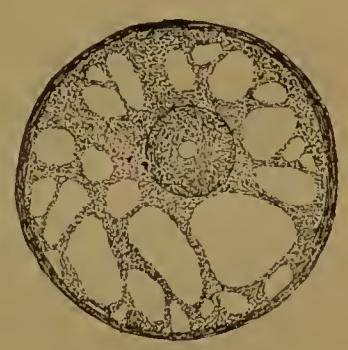


Fig. 3. – Célula de vida muy avanzada.

Cuando la célula muere, pierde por completo el protoplasma al perder el último vestigio de vida, el núcleo y el nucleolo desaparecen y en cambio la membrana, que ha aumentado de espesor, persiste como un esqueleto celular; en ocasiones el espesor de la membrana es muy grande y sirve la célula muerta como sostén ó defensa de otros tejidos que se hallan en la plenitud de la vida.

Entre estos dos extremos, hay muchos términos (figs. 2 y 3) que marcan estados distintos de la vida celular. Todos ellos pueden recorrerse á veces examinando uno de los pelos estaminales de la *Tradescantia*. La célula terminal, apenas nacida, está rellena de protoplasma, con su núcleo voluminoso en el centro. En la célula siguiente, en diferentes puntos, se ven gotitas de un líquido claro, transparente, que producen otras tantas *vacuolas;* éstas se ensanchan cada vez más, van ganando espacio que pierde el protoplasma y en otra célula siguiente se las ve ocupar la mayor parte de la cavidad interna. Llega un caso en que el núcleo permanece en el centro y el protoplasma se acumula contra la membrana recubrién-

dola interiormente, formando lo que se denomina el *utrículo azoado* ó capa parietal del protoplasma; desde esta *capa parietal* al núcleo hay gran número de filamentos protoplásmicos, que parecen sujetarle. Adelantando la edad de la célula desaparen los filamentos, el núcleo es impelido hacia la membrana celular y queda pegado á ésta, envuelto siempre por el protoplasma de la capa parietal. Por último, llega un momento en que el núcleo desaparece, la capa parietal disminuye de espesor, concluye por desaparecer también, y la célula muere, no dejando vestigio alguno si la membrana externa es débil ó quedando como sostén y defensa de otra si la membrana es espesa y resistente.

II. – EL PROTOPLASMA

Propiedades físicas.—Efecto de su gran movilidad, la substancia protoplásmica presenta tan variados caracteres, así físicos como químicos, que anotarlos todos relacionándolos con las situaciones varias con que aquella substancia puede presentarse según la edad de la planta, la región de ella de que forma parte, la función del órgano, la edad de la célula, etc., etc., sería tarea dificultosa y pesada, ya que no imposible de todo punto. No obstante, señalaremos las propiedades de carácter más general, comenzando por las físicas.

Densidad. – De ordinario, en las células jóvenes, el protoplasma es una substancia viscosa, de la consistencia de la clara de huevo, hialina, incolora, llena de granulaciones que parecen ser ajenas á la substancia fundamental; pero la densidad varía en las diversas células de una planta y aun en una misma célula según el órgano de que forma parte y según la edad. Generalmente varía la densidad desde el exterior al centro, siendo la parte central menos densa y la periférica más; tanto es así, que en la periferia se suele formar una cápa imperceptible, más sólida, más densa y más refringente que el resto de la masa y que á veces escapa á la observación microscópica aun valiéndose de fuertes aumentos, pero se hace perceptible por los reactivos, si bien no presenta límite interno que le separe del resto del protoplasma, pues no es más que una porción de éste; esta parte periférica se suele denominar *capa*

membranosa y ejerce gran influencia en los fenómenos endosmósicos que se verifican en la célula.

El protoplasma de las células jóvenes es bastante denso y disminuye la densidad á medida que avanza la vida de la célula, adquiriendo menor fluidez en los períodos de reposo. Contribuyen también á dar mayor ó menor consistencia á la substancia protoplásmica los productos celulares, que le imprimen á veces coloraciones varias.

Endósmosis. – Los diferentes grados de densidad del protoplasma dependen en gran parte de que se halle más ó menos impregnado de agua; tiene para este líquido gran avidez y le toma impregnándose lentamente de él, pero sin llegar nunca á disolverse. En el protoplasma concentrado de los plasmodios de un mixomiceto *(Ætalium)* entra el agua en la proporción de un 70 por 100 en peso. Cuando la concentración es grande, el agua se va repartiendo hacia el centro, dando lugar á la producción de vacuolas parecidas á las que origina el jugo celular; si las vacuolas aumentan porque aumenta el líquido absorbido, el protoplasma se va retirando hacia la membrana celular.

Lo mismo se puede aumentar que disminuir la proporción del agua; para lograr lo segundo basta colocar las células en una disolución de azúcar ó de sal; el protoplasma comienza entonces á concentrarse y recobra su primera posición, volviendo á aumentar de volumen, haciéndose más fluido, cuando se sustituye la solución azucarada ó salina por agua pura.

Respecto á otras substancias que no sean el agua, varían las propiedades endosmósicas del protoplasma. La sal común, el azúcar, el nitro y otras sales no penetran nunca en el interior de la célula viva; si las contuviera interiormente, tampoco las dejaría salir fuera. Esta resistencia á la penetración de ciertos cuerpos se observa principalmente con las materias colorantes vegetales; colocado el protoplasma vivo en agua coloreada por el azafrán, el palo campeche, etc., absorbe el líquido dilatándose, pero no la substancia colorante.

Otros cuerpos, ya incoloros como los ácidos, los álcalis y los carbonatos alcalinos en soluciones muy débiles, ya de color como la fuchina, la eosina y el azul de quinoleina, son fácilmente absorbidos.

En todos estos fenómenos juega importante papel la capa membranosa, se modifican cuando ella se disipa ó rompe por algunos puntos. Si el protoplasma muere, la capa membranosa se vuelve tersa y rígida y desaparece con gran facilidad; mientras persiste entera, la substancia protoplásmica, aun muerta, conserva sus propiedades endosmósicas; pero si desaparece ó se agrieta, las materias colorantes invaden al protoplasma y éste se colorea con fuerza; el carmín le tiñe con una coloración vivísima.

Cuando las células son coloreadas, como sucede en los órganos verdes, en las algas rojas, en los pétalos de ciertas flores, etc., durante la vida no sueltan nunca la substancia que les da color; cuando mueren abandonan fácilmente dichas substancias.

Ciertos cuerpos sólidos penetran también en el protoplasma cuando está vivo; basta una presión ligera para que un grano de almidón, una bacteria, un cristal pequeñísimo, se abran paso al través de la masa protoplásmica; si está muerto, la rigidez de la capa membranosa impide que este hecho tenga lugar.

Crecimiento y división. — El protoplasma está sometido á las leyes del crecimiento; cuando ciertas substancias de naturaleza mineral ú orgánica penetran en una masa protoplásmica y entran á formar parte de las combinaciones de que está compuesta, quedan asimiladas y vienen á aumentar el volumen de la masa.

Puede también crecer una masa protoplásmica por agregársele más protoplasma. Esta conjunción es frecuente y motiva de ordinario el desarrollo de una mayor actividad molecular en la masa resultante. Ambos casos se presentan á veces en una misma célula.

Colocadas ciertas esporas de hongos en una solución oportuna de sales minerales y de azúcar, el protoplasma crece y puede producir un nuevo vegetal; es un caso de asimilación. El caso de conjunción protoplásmica tiene lugar en los mixomicetos (fig. 4) al formarse sus plasmodios, y en los huevecillos cuando se desenvuelven á favor de substancias albuminoideas previamente acumuladas en derredor.

Todos estos hechos son consecuencia de las propiedades del protoplasma, que hemos descrito, de su extraordinaria movilidad,

de las condiciones que reviste su composición, capaces de motivar los actos vitales.

En determinadas circunstancias, la masa protoplásmica no sólo crece, sino que se divide y forma varias masas; esto lo mismo puede realizarse en el interior de las células que en el protoplasma desnudo; son muchos los casos de una y otra índole, pero como suelen afectar á la división celular, los hechos que aquí podamos describir los dejaremos para cuando nos ocupemos de la reproducción de las células.

Estructura. — Se han emitido, para explicar las propiedades del protoplasma, diferentes hipótesis sobre su estructura molecular.

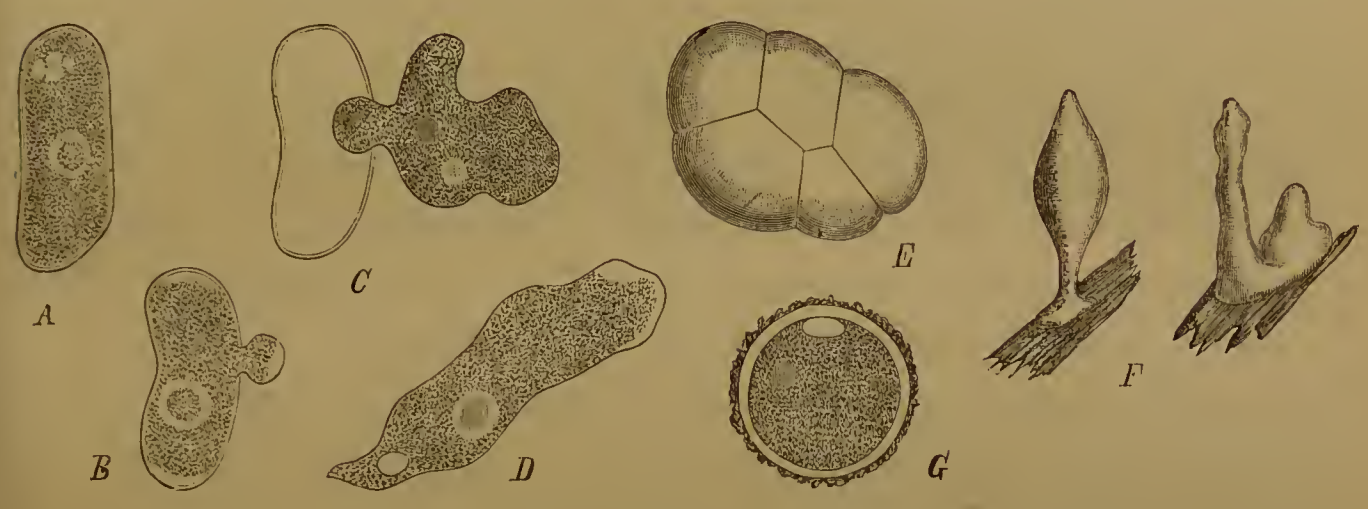


Fig. 4. – *Capromyxa protea*, Fayod. – (Mixomiceto del grupo de los acrásidos). – *A*, un esporo (célula); *B*, el protoplasma comienza á abandonar la cubierta; *C*, el protoplasma se separa de la membrana que le envolvía y adquiere forma amiboide; *D*, mixamiba (protoplasma desnudo); *E*, cuerpo protoplásmico, resultado de la conjunción de mixamibas; *F*, talo fructífero; *G*, mixamiba enquistada por haberse desecado.

La que parece más racional supone que aquella substancia está compuesta de moléculas sólidas impermeables, separadas por capas, más ó menos densas, de líquido. Las moléculas han de ser cristaloideas y además poliédricas, quizá verdaderos cristales, pues si fueran esféricas debiera manifestarse la fuerza de atracción por igual en todos los sentidos, y los hechos comprueban que no es así.

Una hipótesis reciente considera formado el protoplasma por una red molecular, ó mejor de partículas, nadando en un líquido fundamental; las mallas de estas redes se comunicarían de una célula á otra al través de finísimos poros, de que se supone perforada la membrana celular.

Que el protoplasma se compone de dos clases de substancias,

una más densa que forma partículas figuradas, otra hialina, especie de magma donde aquellas partículas están sumergidas, parece doctrina corriente. A los elementos figurados, muy tenues, que están dispuestos en redes de mallas variables, se les denomina *microsomas;* la substancia fundamental, hialina, recibe el nombre de *hialoplasma.*

Se reconocen dos clases de microsomas: las que forman el protoplasma y las que constituyen el núcleo; para diferenciarlas, á las primeras se las llama *citosomas* y á las segundas *cariosomas*, siendo la substancia protoplásmica un *citoplasma* y la substancia nuclear un *carioplasma.* En ciertos períodos celulares las cariosomas permanecen mezcladas con las citosomas; pero en los períodos activos de la vida celular, las cariosomas se unen y condensan, estrechan las mallas de su red y constituyen el núcleo; éste no es más sino protoplasma caracterizado por microsomas particulares.

La red citoplásmica es susceptible de estrecharse ó ensancharse, y este efecto le logran determinadas substancias; puesto el citoplasma en contacto de cuerpos extraños, las citosomas se aproximan; de este modo se forma en la periferia del protoplasma lo que se denomina capa membranosa, que tiene propiedades especiales, por lo cual algunos autores (Wiesner) dan el nombre especial de *dermatosomas* á las microsomas que le constituyen.

Aún se reconocen entre las mallas del citoplasma diversas substancias secundarias, que forman lo que se denomina *deutoplasma.*

La concentración de las citosomas, que tiene lugar cuando el citoplasma se pone en contacto de algún cuerpo extraño, se produce también en derredor de los cuerpos diversos que puede contener el protoplasma, formando una capa aisladora.

Se supone que el núcleo no escapa á la regla general y que en su derredor se forma una capa especial de citosomas, algo más aproximadas que en el resto del citoplasma; sin embargo, no se ha comprobado, aun con los mayores aumentos y las reacciones más delicadas, esta nueva diferenciación.

Composición química y reacciones. — Es muy difícil el análisis del protoplasma vivo; al colocarle en el tubo de ensayo, muere. Además sería de todo punto imposible asignar á la substancia pro-

toplásmica su verdadera, exacta, composición química; sus átomos se renuevan incesantemente; en esta movilidad estriba precisamente la vida. El protoplasma ha de variar, por tanto, de composición en las diferentes plantas, en los órganos de cada vegetal y aun en una misma célula según la edad y la función que ésta practique.

La substancia protoplásmica se forma de la mezcla de albuminoides con principios inorgánicos, entre los cuales entra el agua en primer término; y en esta mezcla los diferentes elementos están dispuestos de tal manera que su equilibrio es inestable, pero tan pronto se rompe como se restablece.

Analizado el plasmodio adulto de un mixomiceto *(Fuligo septica)* del cual pueden proporcionarse fácilmente algunos kilogramos y que tiene la ventaja de estar formado tan sólo por el protoplasma, el análisis dió para 100 partes de materia desecada (1):

Substancias nitrogenadas. .	=	30
Substancias ternarias. . .	=	41
Cenizas.	=	29
		100

Las diferentes substancias halladas, son las que se anotan á continuación:

Substancias nitrogenadas.

Plastina (insoluble, parecida á la fibrina).
Vitelina (isómero de la albúmina).
Miosina.
Peptonas.
Pepsina.
Lecitina.
Guanina.
Sarcina.
Xantina.
Carbonato de amoníaco.

(1) Reinke *(Bot. Zeitung,* 1880), citado por Van Tieghen *(Traité de Botanique).*

Substancias ternarias.

Paracolesterina.
Una resina especial.
Un principio colorante amarillo.
Glicógeno.
Un azúcar no reductor.
Ácidos grasos (oléico, esteárico, palmítico).
Cuerpos grasos neutros.

Cuerpos minerales.

Cal (combinada con los ácidos grasos y con el láctico, acético, fórmico, oxálico, fosfórico, sulfúrico y carbónico).
Fosfatos de potasio y de magnesio.
Cloruro de sodio.
Hierro.

La cal en su mayor parte se halló bajo la forma de carbonato y entraba en las cenizas en la proporción de 54 por 100; la abundancia de cal es propiedad de algunos mixomicetos, entre ellos del que fué objeto del análisis.

El protoplasma vegetal puede contener otros principios pertenecientes á los tres grupos indicados, que no nos detendremos á exponer.

Ofrece las reacciones de las substancias albuminoideas. Anotaremos las más importantes.

El calor le coagula; la temperatura necesaria para obtener este resultado varía según los vegetales y según la vitalidad del protoplasma. Comienza á coagularse, cuando está vivo, á unos 50 grados centígrados; algunas bacterias soportan bien la temperatura de 75 grados. El protoplasma concentrado, cuya actividad se halla en suspenso, como el de ciertos gérmenes de las criptógamas, sufre sin grandes modificaciones un calor más elevado; hay esporas de bacteriáceas que no pierden la vida á 100 grados.

Cuando la temperatura se eleva mucho, la substancia se descompone y se desprenden gases amoniacales.

El alcohol le coagula; si está muy hidratado le contrae y endurece. El alcohol absoluto, en cambio, no modifica la forma del protoplasma, no le contrae; puede emplearse para los estudios de histología vegetal con gran ventaja.

El éter le coagula y endurece también; lo mismo hacen los bicromatos alcalinos.

El ácido ósmico obra como el alcohol absoluto, endureciendo sin contracción. El mismo efecto producen los ácidos pícrico y crómico. El primero tiene además la propiedad de hacer muy transparente á la membrana celular, y por esta causa se emplea en micrografía vegetal, sobre todo para el estudio de la organización y de la división de las células.

El ácido acético vuelve primero al protoplasma transparente, después le disuelve, pero da gran brillantez al núcleo y al nucleolo, por lo que puede emplearse para el estudio de estas partes de la célula.

El ácido clorhídrico le colorea en rosa ó en violeta cuando se emplea en ebullición.

El ácido sulfúrico le da coloración rosa ó violeta, concentrado y en una solución azucarada. Solo, le colorea primero de rojo ó pardo y después le disuelve rápidamente.

La acción sucesiva del ácido nítrico y el amoníaco ó la potasa, dan á la substancia protoplásmica una coloración amarilla obscura.

El reactivo de Millon (solución de nitrato ácido de mercurio) en caliente, le imprime un color rojo.

Con la acción del sulfato de cobre en solución concentrada y después la de la potasa, adquiere hermoso color violeta.

El yodo, empleado en tintura alcohólica, comienza por coagularle y contraerle, gracias á la acción del alcohol, y después le vuelve amarillo, más ó menos obscuro.

La potasa diluída disuelve al protoplasma; concentrada le ataca enérgicamente y le vuelve soluble en el agua. Esta propiedad hace que la potasa sea muy usada para el estudio de los tejidos vegetales, pues al mismo tiempo que ataca al protoplasma, obra sobre la membrana celular y le hace transparente.

Movimientos. – Como carácter de la vida, no falta el movi-

miento en el interior de la substancia protoplásmica ni están inmóviles las masas formadas de protoplasma. Aparte la incesante movilidad molecular, que escapa á la penetración de nuestra vista y á la de los más grandes aumentos del microscopio, se reconocen en el protoplasma otras dos clases de movimientos: los que pueden llamarse *exteriores*, susceptibles de transportar las masas protoplásmicas de un puesto á otro, propios de estas masas cuando viven en libertad y tienen vida autonómica, que se verifican unas veces por las prolongaciones que la masa emite, en otras ocasiones por cirros permanentes, y los movimientos *interiores*, que se manifiestan por el transporte de las granulaciones citoplásmicas dentro del protoplasma mismo.

Movimientos del protoplasma libre. — Como en otras ocasiones, fijémonos en lo que ocurre en los plasmodios de los mixomicetos, que están formados de protoplasma desnudo. En una atmósfera caliente y húmeda, cuyas condiciones les son favorables, se ve al plasmodio alargarse por determinados puntos formando seudópodos, primero de la substancia hialina, á la que acompañan luego las granulaciones. Aquellas prolongaciones se anastomosan y uniéndose varias dan á la masa del plasmodio un aspecto reticulado. A veces los seudópodos se retraen y confunden con la masa general y así el conjunto sufre variación continua de forma. En estos movimientos es sólo una parte la que se mueve con relación al resto, pero puede ocurrir que se mueva toda la masa. En el *Æthalium septicum*, que vive sobre el humus y forma placas albuminoideas de más de un decímetro, á veces se observa que la masa se alarga considerablemente en un sentido y se retrae en el opuesto, avanzando no poco terreno; comienza el fenómeno por el desplazamiento de gran parte de la substancia hialina, siguen á ésta las granulaciones con el resto de la substancia. El avance por término medio es de $0^{mm},3$ por minuto en un *Physarum* y $0^{mm},4$ en el *Didymum serpula;* en el *Æthalium* es aún mayor y se le ve desde el suelo trepar por los tallos de las plantas hasta algunos pies de altura y llegar hasta las hojas, donde reposa, emitiendo las prolongaciones que convierten la masa en reticulada y á las cuales aludíamos anteriormente. Por tener estos movimientos los mixomicetos (fig. 5) fueron clasificados como animales por algunos autores

Hæckel les incluye en su grupo de los protistas; la generalidad de los botánicos les comprenden entre los hongos por la evolución que sufren después de esta fase de plasmodio. Iguales movimientos de traslación se han observado en otros hongos tales como los quitridíneos, que viven parásitos de las algas y aun de ciertas plantas terrestres.

Algunas algas se propagan por gérmenes dotados de estos movimientos tan particulares de traslación; los esporos de ciertas

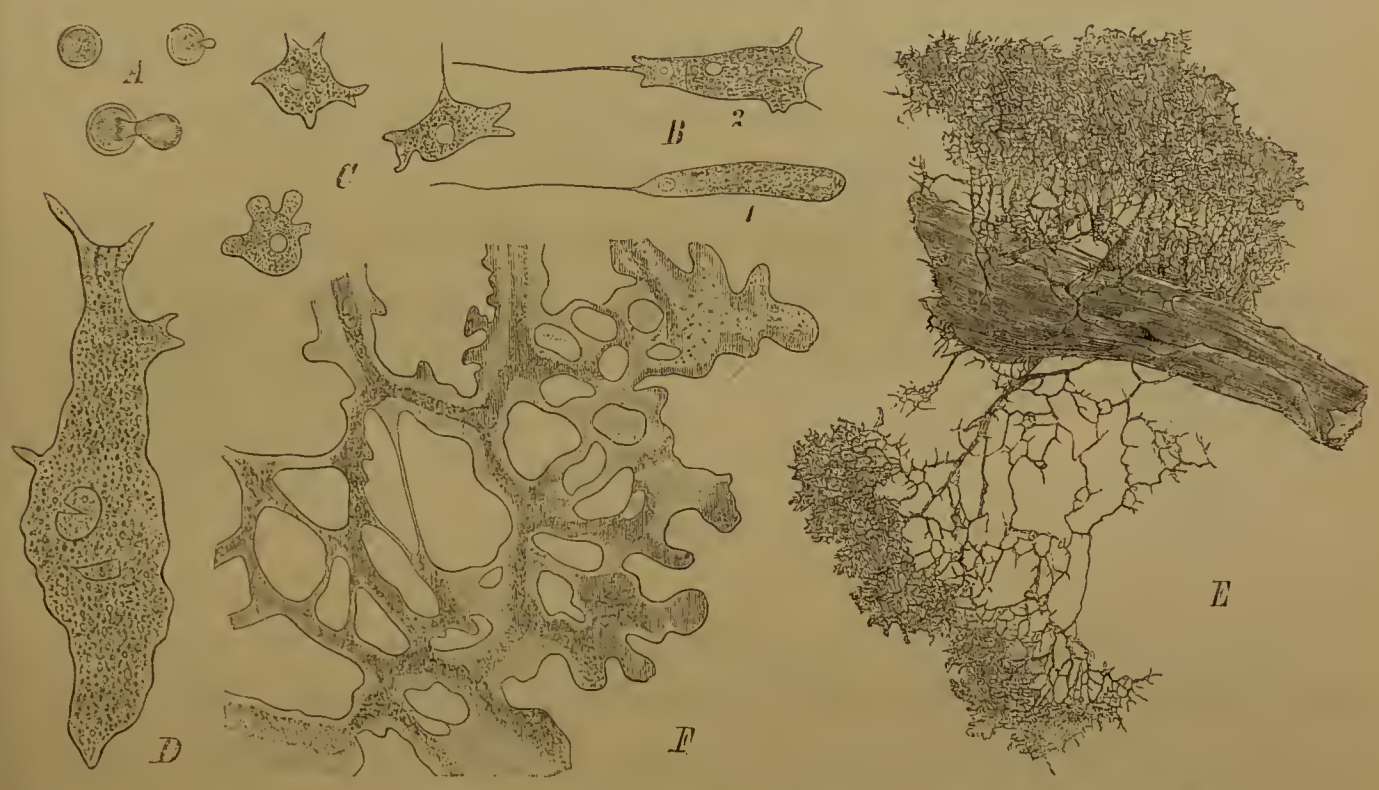


Fig. 5. – *Mixomicetos* (según De Bary y Cienkowski). – *A*, esporas de *Comatricha* $\left(\frac{390}{1}\right)$; *B*, zoosporas de *Didymium* $\left(\frac{350}{1}\right)$; *C*, mixamibas de *Fuligo* $\left(\frac{390}{1}\right)$; *D*, plasmodio de *Fuligo* $\left(\frac{390}{1}\right)$; *E*, *Didymium serpula* (tamaño natural); *F*, plasmodio de *Didymium granulosum* $\left(\frac{350}{1}\right)$.

florídeas, aunque provistos de una capa membranosa, se trasladan de un punto á otro como los *Æthalium*.

Como estos movimientos son los que tienen las amibas, consideradas como protozoos y formadas también por un citoplasma, han recibido el nombre de *amiboideos*.

La substancia protoplásmica conserva siempre la tendencia á retraerse y extenderse, y logra realizar este movimiento aun cuando esté aprisionada por una densa membrana exterior. En este caso el movimiento se verifica con mucha mayor lentitud por la natural resistencia que la membrana opone á las expansiones del protoplasma.

Las células ramificadas, á veces profusamente, que forman la totalidad del individuo en algunas algas y en determinados hongos (*peronosporas*, *mucorínceas*, etc.), se deben á tales expansiones protoplásmicas; las ramificaciones pueden unirse entre sí y formar un conjunto reticulado como en los plasmodios de los mixomicetos.

Determinados vegetales inferiores, formados sólo de citoplasma, se mueven con gran rapidez por contracción general de la masa citoplásmica; el movimiento es unas veces oscilatorio (filamentos de las algas oscilarieas), otras en sentido longitudinal (*bacterias*), otras veces espiral (*Spirillum*), etc. En algunos de estos protofitos han creído reconocer determinados autores cirros vibrátiles, pero el hecho no está comprobado.

Los movimientos descritos no implican la existencia de órganos constantes que los ejecuten; existen, en cambio, masas protoplásmicas libres, desnudas ó provistas de membrana, que están dotadas de movimientos de traslación gracias á la presencia de cirros vibrátiles que las rodean ó se acumulan en una parte de la superficie. Tal sucede en los órganos reproductores de las criptógamas.

Si examinamos una zoospora de *Vaucheria*, la encontraremos formada de una substancia citoplásmica desnuda, coloreada de verde por la clorofila y cubierta exteriormente de cirros vibrátiles que se agitan con gran rapidez y hacen que el órgano reproductor se mueva velozmente en el agua. Lo mismo se observa en muchas otras zoosporas de hongos y de algas. Cuando los cirros desaparecen, la zoospora queda inmóvil.

Los anterozoides, órganos masculinos, están dotados de movimientos análogos.

Los cirros son en número muy variable (fig. 6): hay uno solo en la parte anterior en las zoosporas de los mixomicetos; uno en la parte posterior en las zoosporas de los hongos monoblefáridos, que tienen la forma triangular; dos anteriores en las zoosporas del género *Cladophora* y en los anterozoides de las muscíneas; cuatro anteriores, dos á cada lado, en las zoosporas de *Ulothrix*; muchos en derredor, como en las zoosporas de *Vaucheria*. A veces los cirros se acumulan anteriormente en una zona de protoplasma incoloro, menos denso, que recibe el nombre de rostro.

En el movimiento influyen muchas causas que aumentan ó disminuyen la rapidez; desde luego ejerce influencia la luz, siendo menor la movilidad de los cirros á la luz del sol que con la luz difusa; si se coloca en un tubo agua en que naden zoosporas y anterozoides y parte del tubo se cubre con un papel negro, el agua se aclara en la zona obscura, porque los órganos reproductores indicados se acumulan en la parte del líquido á que daba la luz. Influye también la mayor ó menor cantidad de oxígeno disuelto en el agua y esta influencia se puede observar en los cultivos donde abundan zoosporas y anterozoides, y hay á la vez criptógamas con clorofila, ó partes verdes de los vegetales en derredor de las que se forma, por la función clorofílica, una zona muy oxigenada.

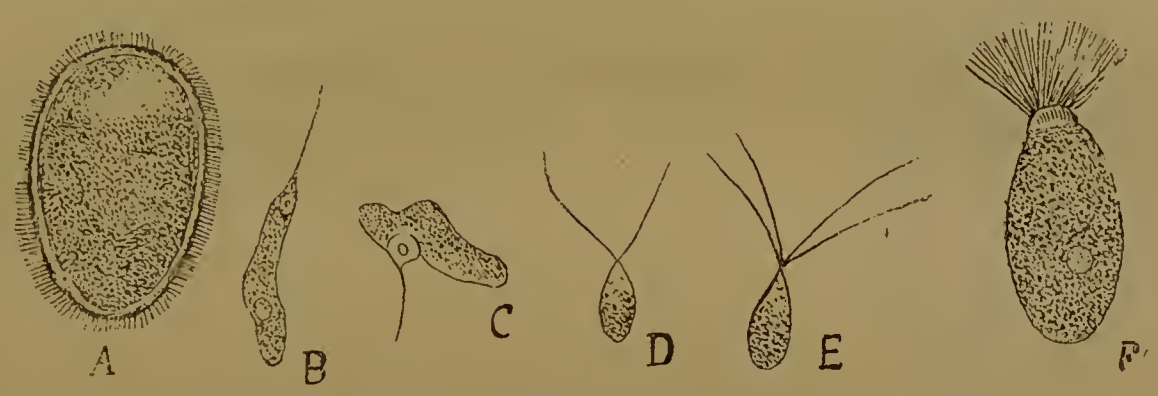


Fig. 6. – Organos reproductores de criptógamas provistos de cirros. – *A*, zoospora de *Vaucheria*, *B* y *C*, zoospora de *Didymium*; *D*, zoospora de *Cladophora*; *E*, zoospora de *Veothrix*; *F*, zoospora de *Œdogonium*.

El movimiento varía, pero es en general rápido; se calcula el de las zoosporas del *Æthalium septicum* en $0^{mm},70$ á $0^{mm},90$ por segundo; el de las zoosporas de *Vaucheria* en $0^{mm},14$ en el mismo tiempo.

Las masas protoplásmicas ciliadas y las colonias celulares de que se forman algunas criptógamas (fig. 7) pueden moverse en diferentes direcciones y variar de dirección, lo que verifican cuando hallan á su paso algún obstáculo.

En algunos cuerpos protoplásmicos envueltos por una membrana, al través de ésta aparecen cirros vibrátiles que pasan por finos agujeritos.

La índole de los movimientos que acabamos de reseñar prueba de un modo elocuente que el protoplasma presenta las mismas condiciones biológicas en los vegetales que en los animales; los seres protoplásmicos no se pueden referir con exactitud á una ó á

otra rama orgánica; sólo se distinguen éstas cuando el protoplasma, siguiendo en su diferenciación uno ú otro camino, ha producido organizaciones pluricelulares complicadas.

Movimientos interiores del protoplasma. – Aparte los que modifican el contorno del cuerpo protoplásmico y los que le trasladan de un punto á otro, se aperciben en el interior de la masa del protoplasma corrientes diversas conocidas desde los comienzos de este siglo, descubiertas por Corti en las caráceas.

Estas corrientes sólo se aperciben en las células que ofrecen grandes vacuolas ó en las que tienen, por hallarse muy adelantadas en su vida, el protoplasma aplicado contra la parte interna de la membrana celular. No las presenta la substancia citoplásmica que rellena por completo la cavidad interna de la célula. Se observan lo mismo en el protoplasma intercelular que en el desnudo de los gérmenes criptogámicos.

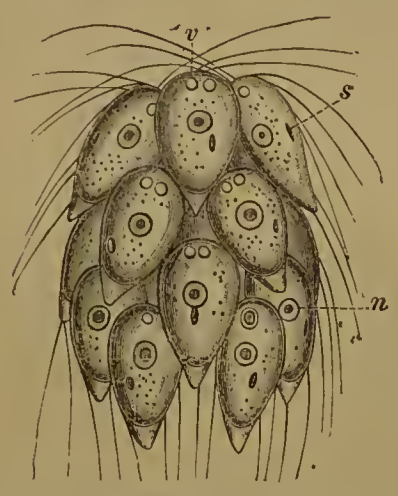


Fig. 7. – *Spondylomorum quaternarium* Ehrb. (Colonia de volocíneas aumentada 650 veces.)

Dos clases de corrientes reconocen los autores; de ambas podremos formar idea clara describiendo lo que sucede en el interior de las células verdes que forman el parénquima de las hojas de *Vallisneria spiralis* y lo que sucede en los pelos estaminales de la *Tradescantia virginica.*

En las células verdes de las hojas de *Vallisneria*, cuando se las mira en un corte longitudinal que las hace aparecer rectangulares, y tienen el protoplasma aplicado á la parte interna de la membrana celular y el núcleo en esta misma posición, se observa un movimiento rotatorio del protoplasma, que se percibe muy bien porque la corriente arrastra á los gránulos clorofílicos y al núcleo mismo, que ocupa posiciones distintas según el instante en que le observamos. La vuelta completa del núcleo se verifica en medio minuto próximamente. Este fenómeno recibe el nombre de *rotación del protoplasma* y tiene lugar siempre en la misma dirección. Se observa también en los pelos radicales del *Hydrocharis morsus-ranæ*, en las células de las hojas de *Elodea canadensis*, en las caráceas y en otras muchas plantas.

En una misma célula pueden observarse zonas protoplásmicas en reposo y otras en movimiento. En las células del género *Chara* se da el caso de que la zona externa sea inmóvil y los corpúsculos clorofílicos que encierra no cambien de lugar; en cambio es móvil la zona interna y arrastra al núcleo en su rotación.

Movimientos más complicados se observan en los pelos estaminales de la *Tradescantia;* cuando el protoplasma forma filamentos reticulados en el interior de la célula, en estos filamentos se mueve en diversas direcciones; las microsomas de un lado del filamento circulan en dirección opuesta á las del otro lado; las variaciones de las corrientes hacen que muchos filamentos desaparezcan soldándose y otros se ramifiquen y subramifiquen, cambiando la disposición del protoplasma. En una misma célula se reconocen corrientes diversas, unas centrífugas, otras centrípetas. En los pelos de la calabaza las corrientes marchan en varias direcciones, siempre paralelas al eje de la célula. El fenómeno se observa también con claridad en las células de los pelos de la celidonia *(Chelidonium majus L.*, fig. 8) y en otras muchas plantas, recibiendo el nombre de *circulación del protoplasma.*

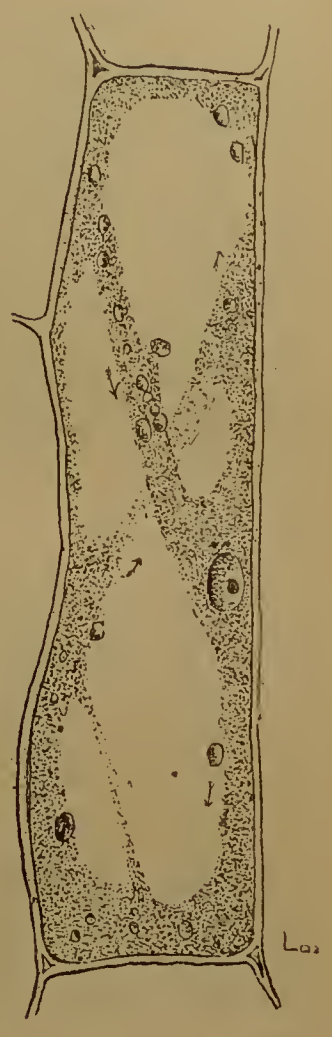


Fig. 8. – Célula de un pelo de *Chelidonium majus.* Las flechas indican la dirección en que circula el protoplasma.

En los plasmodios de los mixomicetos las corrientes internas son muy activas y de diverso grado, pues muchas veces varias pequeñas se reunen formando una mayor; en el eje de la corriente la rapidez es mayor que hacia los bordes; la velocidad media en el *Didymium serpula* es de diez milímetros por minuto, en otros plasmodios no llega á tanto; á veces la corriente va disminuyendo de velocidad, se detiene y cesa por completo, estableciéndose en seguida una nueva.

Lo mismo en la circulación que en la rotación influye no sólo la planta, sino la temperatura del medio; una baja temperatura detiene las corrientes protoplásmicas; cuando el calor aumenta, la velocidad aumenta también hasta llegar á un límite que oscila

entre 45° y 50°, según experiencias de Sachs y otros autores en los pelos de ortiga, calabaza y tradescancia. El límite inferior es variable también; mientras en la *Nitella syncarpa* los movimientos tienen lugar á 0°, en la calabaza cesan á 10° ó 12°.

Para una temperatura igual, la circulación varía en las diferentes plantas; á 15° por ejemplo, según Van Tieghem, es de $1^{mm},630$ por minuto en la *Nitella flexilis;* de $0^{mm},543$ en los pelos radicales del *Hydrocharis morsus-ranæ;* de $0^{mm},225$ en las hojas de *Vallisneria spiralis;* de $0^{mm},094$ en las del *Ceratophyllum demersum* y de $0^{mm},009$ en las del *Potamogeton crispus.*

El núcleo y los corpúsculos que se forman en el interior de las células á expensas del protoplasma, tales como la clorofila y el almidón, tienen á veces movimientos independientes por completo de los del protoplasma, debidos en ciertos casos á la acción de la luz. El núcleo se mueve, arrastrado por los filamentos protoplásmicos que se originan al ganar espacio las vacuolas, algunas veces en dirección contraria á las corrientes, hasta quedar aplicado contra la pared celular. Cuando se mueve impulsado por la rotación del protoplasma cambia de forma continuamente.

III. – EL NÚCLEO

Propiedades físicas. – Tiene forma redondeada, unas veces esférica, otras lenticular; se diferencia con claridad del protoplasma que lo envuelve, como si le rodeara una membrana y se percibe en su interior frecuentes veces un punto central más refringente que es el *nucleolo.* Varía la posición y el volumen del cuerpo nuclear según la edad de la célula; en las jóvenes está situado en el centro; en las más viejas adosado á la pared de la membrana celular. Es más voluminoso cuando la célula se halla en la plenitud de su vida; pero al aumentar las dimensiones de aquélla el núcleo permanece estacionado en su volumen, pareciendo al fin muy pequeño. Calculan los autores que un término medio aproximado del volumen es el comprendido entre $0^{mm},004$ y $0^{mm},038$, correspondiendo los núcleos mayores conocidos á las liliáceas y á las orquídeas.

No siempre existe el núcleo, si bien cuando falta se halla dise-

minada por el protoplasma la substancia que le constituye. Su pequeñez ha hecho que escapara á la observación en las células de algunas plantas del tipo de las talofitas. En ciertas criptógamas, como en las bacterias, en las cianoficeas y en los sacaromicetos, falta el núcleo. En cambio, son muchas las ocasiones en que una célula contiene muchos núcleos (fig. 9), ya de un modo permanente, ya sólo de una manera accidental; pueden reunirse á veces algu-

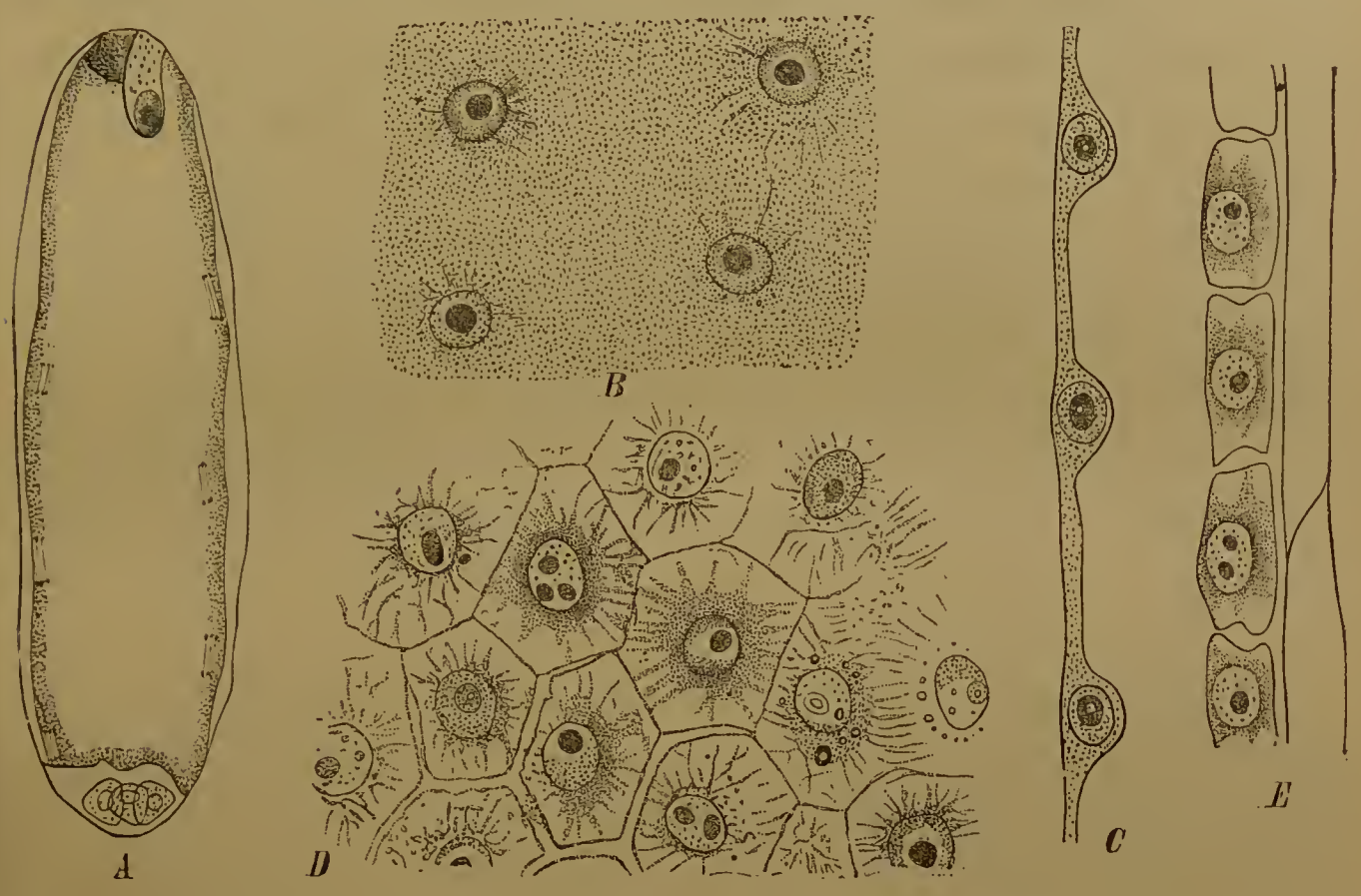


Fig. 9. – Pruducción de núcleos múltiples en el saco embrionario del *Myosurus minimus*. – A, bipartición de núcleos en la capa pairetal; *B*, núcleos múltiples en la capa parietal, vista de frente, después de la bipartición; *C*, los mismos vistos en sección longitudinal; *D*, formación de membranas celulares en la masa protoplásmica polinucleada, vista de frente; *E*, la misma en sección longitudinal.

nos miles. Ejemplo de ello nos ofrece el saco embrionario de determinadas plantas leguminosas, la judía entre ellas.

Participa el núcleo de muchas de las propiedades físicas del protoplasma, ofreciendo idénticos fenómenos ósmicos, de imbibición y elasticidad á los que en aquella substancia estudiamos.

Estructura. – La substancia constitutiva del núcleo es un *carioplasma*, *hialoplasma* con *cariosomas* en él diseminadas, más ó menos próximas según el grado de concentración de la substancia. Es de notar que la constitución del núcleo es en términos generales

idéntica á la del protoplasma; sólo difiere en la naturaleza de los microsomas, estando los del núcleo sometidos á movimientos de traslación que han sido observados por Pouchet en algunas peridíneas.

La substancia albuminoidea de que se compone el núcleo se denomina *nucleína* ó substancia nuclear y aun *cromatina;* es la que forma el esqueleto por decirlo así, la trama de aquel órgano celular; entre ella se coloca una materia más ó menos acuosa que rellena todos los espacios y que se puede llamar *jugo nuclear.* La proporción entre las dos substancias es causa de los cambios de aspecto que el núcleo experimenta según las plantas. La nucleína se dispone formando gránulos redondeados, filamentos más ó menos gruesos, muy aparentes á veces, como sucede en los pelos estaminales de la *Tradescantia;* en ocasiones también el núcleo tiene vacuolas, con su nucleolo y éstas asemeja una pequeña célula dentro de otra mayor. La estructura filamentosa es en los núcleos sumamente frecuente, sobre todo cuando se hallan en vías de multiplicación.

Composición y reacciones. — Es análoga la composición química del núcleo á la del protoplasma; puede resumirse como sigue: una substancia albuminoidea mezclada á cierta cantidad de agua y con no pequeña proporción de sales disueltas. La substancia albuminoidea es especial, muy rica en fósforo; se le conoce con el nombre de nucleína y se la formula $C^{58}\ H^{49}\ N^{9}\ O^{44}\ Ph^{3}$; los caracteres que la diferencian de los demás albuminoides son: la insolubilidad en el agua y en los ácidos minerales muy diluídos, y el ser muy soluble en los álcalis débiles, en el amoníaco y en los ácidos nítrico y clorhídrico concentrados.

Como el plotoplasma se colorea en amarillo cuando se la trata primero por el ácido nítrico y después por el amoníaco; en rojo más ó menos intenso si se somete á la influencia del ácido sulfúrico; el reactivo de Millon le tiñe de rojo obscuro, y de violeta el ácido sulfúrico si antes actúa una solución azucarada. En cambio ciertos reactivos, aun cuando ejerzan también acción idéntica sobre el protoplasma, permiten distinguir el núcleo. Determinadas materias colorantes hacen que el carioplasma tome coloración más intensa

que el citoplasma; el ácido acético da gran brillantez al núcleo, y en cambio disuelve al protoplasma.

A veces se producen en la masa nuclear cuerpos extraños que indican la existencia en aquel punto de una actividad química semejante, aunque mucho menor, á la actividad protoplásmica. Obsérvanse granos de clorofila que dan coloración verde (hojas de *magnolia*, frutos de *alquequenje*, etc.); gránulos de almidón *(Tradescantia);* gotitas de grasa *(Arum);* materias colorantes, tanino, etc., y aun una substancia albuminoidea especial cristalizada *(Utricularia pinguicula).*

Multiplicación del núcleo. — En la división de las células influye eficazmente la segmentación del núcleo, que precede á la celular; este hecho es conocido desde hace mucho tiempo, revelado especialmente por los trabajos de Strasburger. En una masa protoplásmica pueden existir, de un modo permanente ó de un modo accidental, muchos núcleos procedentes todos de uno primitivo; en la generalidad de los casos, á la segmentación nuclear sigue la concentración en derredor de cada segmento del protoplasma y la formación de tantas células como núcleos han resultado.

Se verifica también en los vegetales el caso contrario, el de que varios núcleos procedentes de uno, se fundan apenas formados; este caso puede observarse en el saco embrionario de la generalidad de las angiospermas.

La multiplicación del núcleo se verifica de dos maneras: de un modo directo é inmediato, alargándose y dividiéndose en fragmentos, ó previos ciertos preparativos en la substancia nuclear, tras de los cuales esta substancia se concentra en dos puntos distintos.

La fragmentación del núcleo no entraña relación con el protoplasma que le rodea y suele continuar después de formarse dos fragmentos en cada uno de los primeros, dando lugar así á muchos núcleos. Este hecho se observa bien en las células internodales de las criptógamas del género *Chara*, en las células adultas del parénquima de ciertas fanerógamas como las del género *Orchis*, *Tradescantia*, *Allium*, etc.

Cuando la bipartición se verifica del modo normal, va precedi-

da de ciertos movimientos en la substancia nuclear (fig. 10). Adquiere esta substancia estructura filamentosa ó se concentra formando bastoncitos que se encorvan y aglomeran; el jugo y la substancia periférica se funden con el protoplasma celular; la forma del núcleo ha desaparecido al terminar este primer tiempo. Los filamentos ó bastoncitos se disponen con cierto paralelismo, uniéndose en sus extremidades y adquiriendo el conjunto una forma circular con mayor condensación hacia los polos. El tercer tiempo se inicia acumulándose las partículas del carioplasma en la región media ó

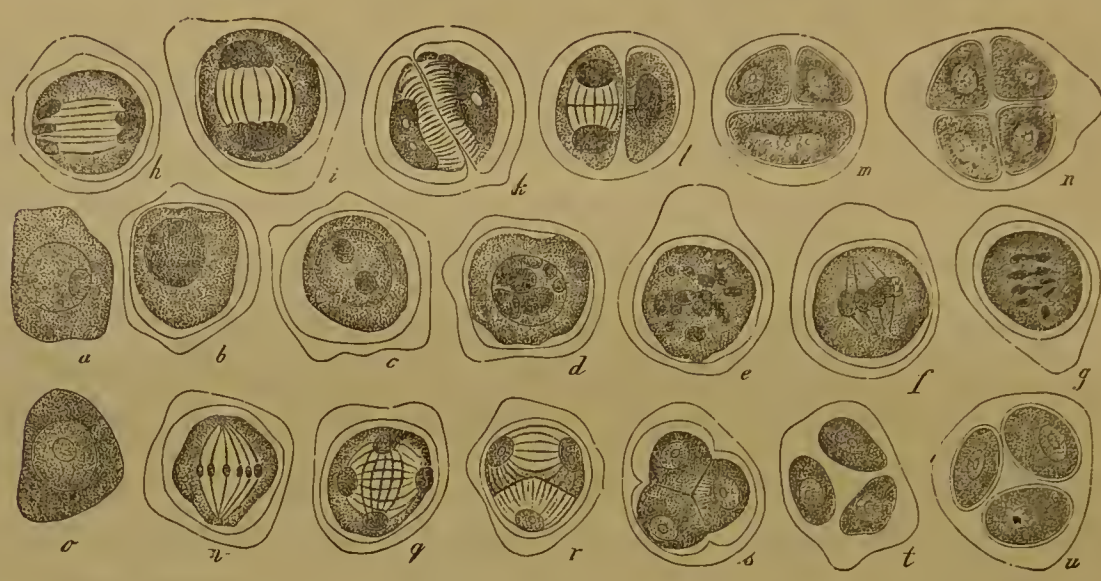


Fig. 10 – Casos diversos de la segmentación del núcleo, en las células polínicas. – *a*, *n*, en el *Alium narcissiflorum* Vill; *o*, *u*, en la *espuela de caballero* (*Tropæolum maius* L.)

ecuatorial, y arrastrando en este movimiento al protoplasma más próximo que se dispone en filamentos que hacen adquirir al conjunto la figura de un tonelete. La placa carioplásmica ecuatorial se divide en dos masas que, separándose cada vez más, van á disponerse en los lados opuestos del tonelete; allí se acumula la substancia nuclear toda; cada masa adquiere forma redondeada, y como resultado total se encuentran colocados á distancia dos núcleos derivados del primitivo, entre los cuales se forma más tarde el tabique de separación de dos células.

El proceso de bipartición reseñado sufre algunas modificaciones según los casos, dependientes de ordinario de la abundancia ó escasez del carioplasma en la célula.

Se pueden calcular con Van Tieghem, en la bipartición del núcleo, cinco tiempos:

1.° Condensación de la substancia nuclear en filamentos ó bastoncitos, encorvados y apelotonados; fusión del jugo con el protoplasma (fig. 10, *g*).

2.° Orientación paralela de los filamentos ó bastoncitos, uniéndose en sus extremidades y adquiriendo en conjunto una figura esférica ú oval con dos polos de concentración (fig. 10, *h*, *i*).

3.° Concentración del carioplasma en el ecuador hasta ofrecer la placa ecuatorial suficiente espesor (fig. 10, *f*, *p*).

4.° División de la placa ecuatorial en dos, que se separan deslizándose á lo largo de los filamentos hasta formar dos masas en los polos (fig. 10, *k*).

5.° Crecimiento y diferenciación de los dos núcleos nuevos.

IV. – MEMBRANA CELULAR

Composición y reacciones. – Aparte el natural elemento líquido que acompaña á todas las partes de un organismo, la membrana que recubre á las células se halla formada por una substancia sólida, hidrocarbonada, cuya fórmula general es $(C^6 H^{10} O^5)^n$, la misma del almidón y de la dextrina, y que recibe el nombre de *celulosa*. Puede tener *n* distintos valores, pues se conocen grados diversos de condensación en la celulosa sin que sea fácil señalar los caracteres y las reacciones propias de cada grado. La menos condensada tiene por fórmula $(C^6 H^{10} O^5)^6$ y es la que forma la pared de las células jóvenes; se considera como la celulosa típica; es sólida, incolora, transluciente, insoluble en el agua, en el alcohol, el éter, los ácidos y los álcalis diluídos; sólo es disuelta por la solución amoniacal de óxido de cobre. Si se hierve en una mezcla de ácido nítrico y de clorato de potasa, queda disuelta, se oxida y en la reacción final se produce ácido oxálico. Cuando la celulosa sufre la acción de los ácidos sulfúrico y clorhídrico concentrados, ó del cloruro de cinc siruposo, se transforma en *granulosa*, substancia que algunos creen constituye la base de los granos de almidón. Otro grado de condensación es el que ofrece la llamada *paracelulosa*, cuya fórmula es $(C^6 H^0 O^5)^7$; ésta no se disuelve en la solución amoniacal del óxido de cobre, pero sí en el licor cupro-amoniacal obtenido por disolución del hidrato ó del carbonato de cobre en el

amoníaco y también en el licor de Schweizer; se transforma en celulosa cuando se la hierve en un ácido muy diluído.

En la generalidad de los hongos la membrana celular consta de una celulosa muy concentrada que recibe el nombre de *fungina* ó de *metacelulosa;* muestra este grado superior de concentración de la substancia celulósica tal resistencia á convertirse en celulosa típica, que precisa para esto someterla durante algunas semanas á la acción de la potasa concentrada y hacerla hervir después con aquel álcali. Algunos hongos *(Mucosíneos)* tienen sus membranas formadas de celulosa propiamente dicha

La celulosa menos concentrada es la de ciertas células de los cotiledones de *Tamarindus*, *Hymenæa*, etc., que se puede confundir con la granulosa y que como ésta se torna azul por la acción del yodo. Muy poco concentraba es también la *liquenina*, que forma la membrana celular de los ascomicetes, la cual en parte se colorea también de azul por el yodo.

Para los estudios de Histología vegetal se suele colorear la membrana de las células valiéndose de reactivos, principalmente del yodo y el ácido sulfúrico de un lado, y de otro el cloroyoduro de cinc.

Todavía se reconocen dos formas distintas de la celulosa, según la acción que sobre esta substancia ejerce un microbio, el *Bacillus amylobacter*. Esta bacteriácea contiene gran cantidad de un fermento denominado *celulosina*, el cual ataca á la celulosa, descomponiéndola en ácido butírico, ácido carbónico é hidrógeno; tal sucede en las membranas de las células que forman el tubérculo de la patata, el parénquima de las hojas, etc. Ciertos estados de la celulosa resisten á la acción de la celulosina y en una misma célula pueden hallarse las dos formas de celulosa, en la parte externa la atacable y en la parte interior la más resistente. Para determinar la acción de aquel bacilo es suficiente macerar los tejidos en el agua templada á un calor suave; se aislan así las membranas inatacables como, por ejemplo, la de las fibras liberianas.

Origen, estructura y crecimiento. — Puede estudiarse el origen de la membrana celular ó bien en los esporos de algunas criptógamas, primero desnudos, después provistos de una cubierta ce-

lulósica, ó en los tabiques que se forman tras de la segmentación del núcleo para que resulten las dos células que de la primitiva se derivan.

En los esporos desnudos comienza por diferenciarse el protoplasma periférico, formándose la que se llama *capa membranosa*, hialina, incolora, desprovista de granulaciones aparentes, densa, resistente; esta capa exterior es protoplásmica, ofrece las reacciones del protoplasma y tiene parte de su vitalidad; poco tiempo después se modifica químicamente convirtiéndose en celulosa y comienza su crecimiento.

En la formación de células por bipartición, el tabique ó placa divisoria que se forma en un principio ofrece los caracteres de la capa membranosa, transformándose á poco la substancia protoplásmica en celulosa.

Se ve por estos dos casos que la membrana celular deriva del protoplasma. No es, sin embargo, una secreción inerte; después de formada crece y se desenvuelve, manifiesta cierta vitalidad; conserva, por lo tanto, gérmenes de vida.

Wiesner reconoce en la célula, además de un citoplasma y un carioplasma, un *dermatoplasma*, que forma la capa membranosa ó el tabique de bipartición, y está constituído por partículas vivas ó *dermatosomas*, que unas se transforman en celulosa y otras no, permaneciendo intercaladas entre aquella substancia y conservando la vitalidad de la membrana; ésta no es por tanto una excrecencia ó un caparazón externo, como el que recubre á ciertos protistas, sino algo de origen intracelular.

Las partículas de celulosa y las dermatosomas no se disponen al azar en las membranas en vías de crecimiento: tienen éstas una estructura que han revelado los curiosos trabajos de Baranetzki y que importa conocer. Las membranas jóvenes constan de tres capas: dos que ofrecen las reacciones de la celulosa y una intermediaria entre ellas, que está formada de dermatoplasma; en esta situación conserva la membrana su permeabilidad y permite los fenómenos de ósmosis; como se espesa cada vez más, resultaría á la postre impermeable si las partículas celulósicas, sucesivamente formadas, se distribuyeran por igual en toda la superficie, pero se disponen formando tenues filamentos entrecruzados, que circuns-

criben mallas insensibles al reactivo característico de la celulosa, el cloro-yoduro de cinc. Cuando la membrana crece en volumen las mallas se ensanchan, pero los espacios que circunscriben se cruzan con nuevos filamentos. El dermatoplasma sigue elaborando nuevas moléculas y aplicándolas á las dos capas que le limitan; este depósito no se reparte tampoco por igual en toda la superficie de las capas, y por tanto al exterior la membrana ofrece varios aspectos que examinaremos en el siguiente párrafo.

La estructura de la cubierta celular asegura á ésta la resistencia y flexibilidad necesarias; permite además que se verifiquen en la célula los precisos cambios ósmicos, base de la vida de este elemento fundamental de la organización.

Como resumen podemos decir que la membrana tiene un origen intracelular; que no es una excreción ni pierde su vitalidad, sino que conserva entre las capas de celulosa una delgada lámina de dermatoplasma que va agregando nuevas partículas celulósicas, aumentándose el espesor de la membrana; este crecimiento se verifica por *intussuscepción*, es decir, por el depósito de partículas nuevas entre las ya existentes, no por *yuxtaposición*, como antes se creía. Las moléculas de celulosa que podían hacer impermeable la cubierta se disponen en filamentos entrecruzados que forman una red más ó menos tupida.

Formas y dibujos de la superficie. — Las formas que la célula presenta claro es que dependen de las que adquiera la cubierta exterior; ésta á su vez se halla sujeta al crecimiento que depende del protoplasma.

Las células que se desenvuelven libremente toman la forma esférica ó elipsoidal, pero al comprimirse unas contra otras el contorno aparece poliédrico; el primer caso es frecuente en las partes blandas de los vegetales; el segundo en las epidermis y en los parénquimas; ambos pueden observarse á la vez en algunas criptógamas (*Pediastrum*, fig. 11); la forma total se aproxima unas veces al dodecaedro pentagonal, otras semejan un prisma tabular ó alargado, otras un paralelepípedo, etc. Si el protoplasma se distiende en unos sentidos más que en otros y se bifurca ó ramifica, al consolidar la forma resultante el espesor de la membrana, la célula apa-

rece ramosa, y si la distensión es igual próximamente en todos los sentidos, puede resultar una célula estrellada.

Sería interminable la exposición de las variedades que en la morfología de la célula se observan. La fibra es una célula muy alargada. Los vasos proceden á veces de que en una serie vertical de células desaparecen los tabiques horizontales. Claro es que cuanto se diga respecto á los accidentes que en la superficie presenten las membranas celulares, ha de aplicarse lo mismo á las células que á las fibras y que á los vasos.

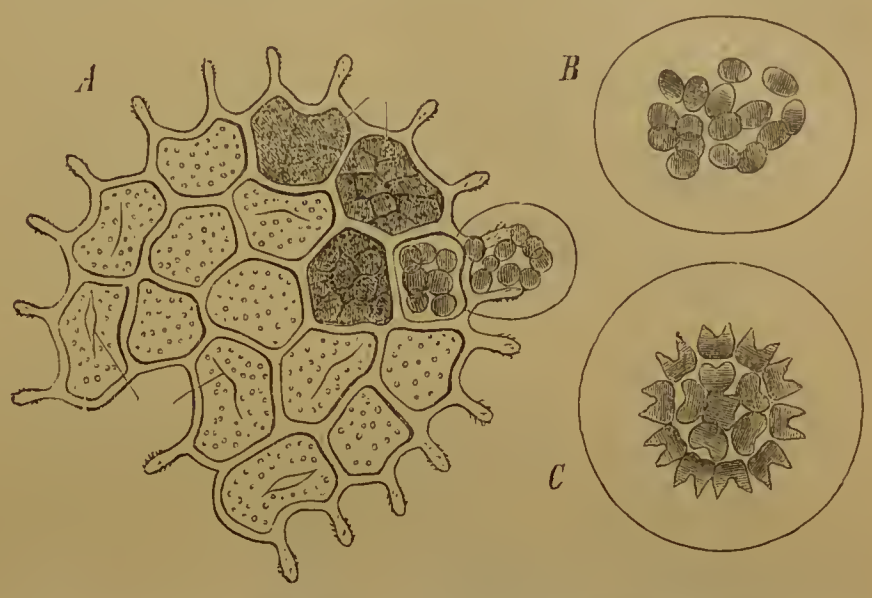


Fig. 11. – *Pediastrum granulatum.* – *A*, forma adulta constituída por células poliédricas, asociadas; *B*, células jóvenes, antes de asociarse; *C*, unión de las células jóvenes de cuyo crecimiento resulta *A*.

Cuando el crecimiento en espesor de las membranas sea uniforme, uniforme será también el aspecto de la superficie; pero como el crecimiento no es uniforme en todos los puntos, forzosamente

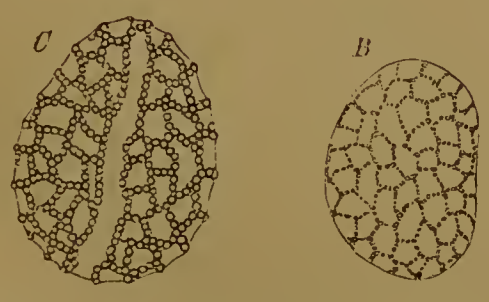


Fig. 12. – Polen de *Hosta cærulea* (según Sachs). -- *B*, grano joven con la reticulación poco manifiesta; *C*, grano de mas edad con el relieve de la membrana tuberculoso.

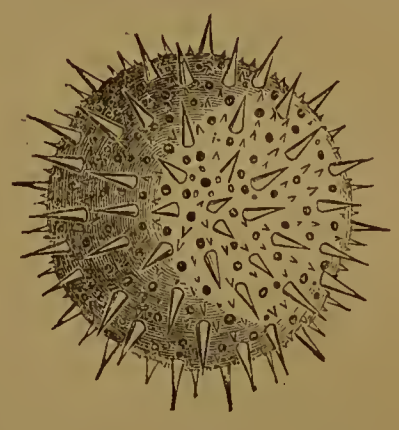


Fig. 13. – Polen de *altea.*

ha de presentar la superficie de las cubiertas celulares dibujos muy variados.

En las células que tienen vida independiente, como las esporas de las criptógamas y los granos de polen de las fanerógamas, el crecimiento irregular en espesor produce relieves externos (fig. 12) de diferentes formas, tubérculos, espinas (fig. 13), crestas, alas, etcé-

tera. En las células superficiales que tienen una de sus caras libre es también frecuente el espesamiento hacia afuera, *centrífugo*, como le denomina Van Tieghen.

El caso más general es el que presentan los elementos histológicos en el interior de los tejidos: el espesor es centrípeto; la membrana, haciéndose cada vez más espesa, rellena, si el crecimiento es uniforme, la cavidad interna de la célula, antes ocupada por el protoplasma. Las células cuyas membranas están endurecidas son muy espesas (fig. 14) y reciben la denominación general de *esclerosas* ó *esclerenquimatosas*. A veces llegan las capas celulósicas á rellenar por completo la cavidad celular; tal sucede en las fibras liberianas del *lino* y del *yute*, en las semillas del *Plantago Psyllium* (zaragatona), de la *Cucurbita pepo* (calabaza), en el corcho del almez como muestra la figura 14, etc.; se presentan en este caso las membranas formadas de capas concéntricas alternativamente más claras y más espesas.

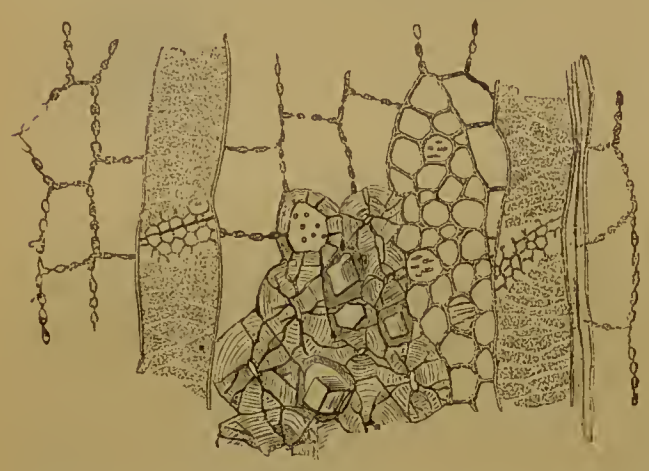


Fig. 14. – Corte tangencial del suber de *almez (Celtis)*, con un grupo de células esclerenquimatosas, de las cuales unas contienen cristales y otras se han relleno completamente por las capas de la membrana celular (según Moller.)

No es muy frecuente el espesor uniforme; por el contrario, suele localizarse en determinados puntos; en ciertas células epidérmicas (zarzaparrilla) sólo se espesa la pared exterior; las laterales y la interna permanecen delgadas. En la acedera *(Rumex acetosa)* algunas células colenquimatosas se espesan sólo en los ángulos y decrece el espesor hacia el centro de las paredes.

Las zonas de espesor y las que permanecen delgadas están á veces formando dibujos más ó menos regulares: cuando las paredes celulares ofrecen cada cual una serie de bandas transversales más espesas, paralelas, equidistantes, como lo están los palos de una escalera de cuerda, se llaman *escaleriformes*. Si las bandas dan la vuelta á la célula y conservan su paralelismo se convierten en anillos y la célula ó el vaso en que así se hallan dispuestas se llama *anillado;* la banda puede también formar *espiral* y ser doble en vez de sencilla, cruzándose en este caso las dos espirales. En el leño de

las plantas vasculares se observan frecuentes y hermosos ejemplos de los dibujos indicados, así como otros que forman líneas, redes, etc.

En los casos anteriores las zonas espesas y las delgadas tienen cierta extensión, sobre todo las últimas; cuando la generalidad de la membrana es muy espesa y sólo hay puntos pequeños en que se conserva delgada, el aspecto exterior del elemento histológico es *punteado* (fig. 15). Lo que al exterior son puntos, interiormente son canales simples ó ramificados, de mayor ó menor calibre, que atraviesan la membrana y que á veces comunican unas células con otras.

Cuando los canales tienen en toda su extensión la misma anchura, la puntuación es *simple*. Pero sucede á veces que el canal comienza siendo estrecho y se va ensanchando, ofreciendo la forma de cono truncado con la base menor fuera; en este caso, visto el canal de frente, ó proyectado sobre un plano, presentará dos círculos concéntricos, el uno interno correspondiente á la base menor del cono y el otro externo correspondiente á la base mayor; la puntuación de doble contorno recibe el nombre de *areolada*. Puede originarse el punto areolado en el caso, contrario al anterior, de que la parte más ancha del canal sea la exterior. No siempre el canal tiene la forma de cono truncado, sino que á veces el aumento ó la diminución de su grosor es irregular y mientras una de sus extremidades es circular la otra es elíptica, y aun en ocasiones los dos orificios parecen hendiduras estrechas que se corresponden ó que se cruzan. En la madera de las coníferas se presentan puntuaciones areoladas de diferentes formas y en distintas posiciones.

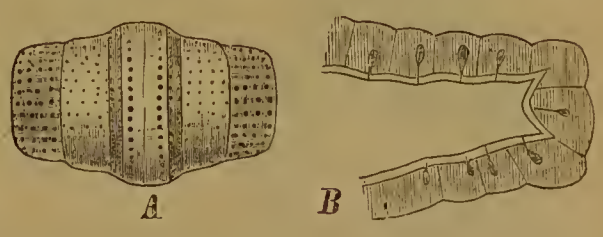


Fig. 15. – *A*, célula de *Gymnozyga Brebissonii* Nordst. $\left(\frac{950}{1}\right)$; *B*, corte de la membrana de *Staurastrum bicorne* Hauptf, $\left(\frac{950}{1}\right)$ (según Hauptfleisch.)

Las puntuaciones simples se agrupan en determinadas circunstancias; esto es frecuente en las células que constituyen los elementos fundamentales del liber en las plantas vasculares y que reciben el nombre de *células cribosas*. En éstas, los tabiques transversos, principalmente en un principio, están constituídos por una membra-

na tenue; al espesarse lo hace dejando puntos numerosos en el primitivo estado, y aun en estos puntos la membrana tenue puede desaparecer, quedando el tabique convertido en una verdadera criba. Se suelen corresponder los agujeros de un tabique con los del inferior y el superior á él; de este modo comunica el contenido de cada célula con el de las inmediatas. Estas puntuaciones cribosas desempeñan una misión de importancia en las funciones de la zona liberiana y en las de la planta en general, permitiendo la circulación de los jugos nutritivos.

El espesamiento de la membrana celular puede ser un accidente pasajero que depende de las funciones que la célula desempeña; este hecho se observa en los granos de polen y en el *talus* de los *Œdogonium.*

Fig. 16. – Corte de un grano de polen de *Epilobium augustifolium.* – *a*, *a*, *a*, tres poros salientes; *e*, exina; *i*, intina.

Modificaciones que sufre. – La membrana celular, engrosando, es capaz de desdoblarse y entonces la célula aparece recubierta por dos membranas. Ocurre esto principalmente en los granos de polen (figura 16) y en los órganos reproductores de algunas criptógamas. El contenido de aquéllos, en efecto, aparece envuelto por una membrana exterior denominada *exina* y otra interior que se conoce con el nombre de *intina;* ambas difieren bastante por sus propiedades; la exina es resistente, espesa, poco elástica; la intina por el contrario es muy extensible, tenue y blanda; tratados los granos de polen de la *Thunbergia alata* por el ácido sulfúrico concentrado, la exina se colorea de rojo y la intina se disuelve; todavía no ataca dicho líquido á la primera de estas membranas por igual en todas partes, sino que da lugar á que se separen en bandas que se pueden arrollar. En algunas esporas se divisan también dos membranas envolventes (macrospora de *Pilularia globulifera).*

La membrana celular, en todo ó en parte, sufre transformaciones que alteran sus propiedades físicas y químicas, hasta llegar á veces á sustituir completamente la celulosa por otro principio químico. Entre estas transformaciones merecen mencionarse las que reciben los nombres de cuticularización, suberización, lignificación

y gelificación. Se puede impregnar de diversos cuerpos minerales y de materias colorantes diversas.

La *cuticularización* se verifica generalmente en las células que forman la capa externa de la epidermis y aun en la membrana exterior de los granos de polen y de las esporas de algunas criptógamas; da lugar á la separación en éstas y en aquéllas de las dos capas anteriormente citadas. La celulosa se transforma en un producto llamado *cutina*, cuya fórmula es $C^6 H^{10} O^2$; se colorea en

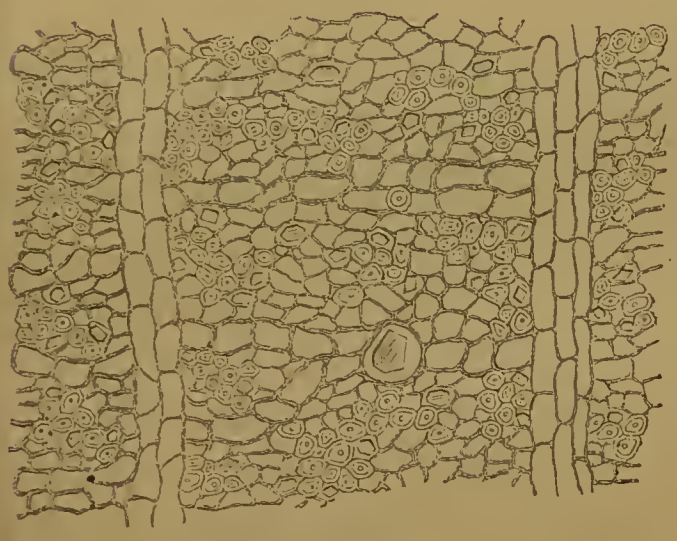


Fig. 17. – Corte del corcho en el *Ulmus pedunculata*, $\left(\frac{160}{1}\right)$ (según Moller.)

Fig. 18. – *Gelificación* en las células polínicas de la calabaza (*Cucurbita Pepo*), según Sachs. – *sp*, *sg*, capas de la membrana gelificadas; *ph*, capas no gelificadas, con puntuaciones externas y tubérculos interiores *v*; *p*, protoplasma contraído por la acción del alcohol.

amarillo ó toma coloración pardusca con el yodo y con el cloroyoduro de cinc; es insoluble en el licor cupro-amoniacal y en el ácido sulfúrico concentrado, pero se disuelve en la potasa concentrada y en el ácido nítrico hirviente; resiste la acción destructora del *Bacillus amylobacter* y se colorea enérgicamente por la anilina y la fuchsina.

La *suberización* es un acto muy parecido al anterior, pues la *suberina* es muy análoga á la cutina; muchas células (fig. 17) situadas bajo la capa periférica de los tallos y aun á veces de las raíces, por transformación de sus membranas quedan constituyendo una capa defensora, á veces de gran espesor, impermeable, muy elástica, muy refringente, que forma el llamado *suber* y vulgarmente *corcho*.

La *gelificación* (fig. 18) es la transformación de ciertas cutícu-

las en una substancia isómera de la celulosa, córnea cuando seca y muy blanda si se impregna de agua, en cuyo caso aumenta extraordinariamente de volumen, substancia que reune los caracteres de los mucílagos. Son muchas las algas que por efecto de la gelificación de las membranas exteriores, aparecen envueltas de una espesa capa mucilaginosa. El fenómeno comienza en unas ocasiones por las capas medias de la membrana celular, mientras la parte externa se cuticulariza; tal sucede en las semillas de la zaragatona *(Plantago Psillium)*, en las del lino y en otras varias plantas. Otras veces son las capas internas las que se transforman (células mucilaginosas de los sauces, malvas, etc.).

La goma tragacantos y las que se recogen de nuestros frutales ordinarios (cerezo, almendro, albaricoquero, melocotonero, etc.) proceden de la gelificación de toda la membrana celular en la medula y radios medulares del tallo de aquellas plantas.

La *lignificación* supone una transformación de ciertas capas de la membrana celular en la substancia que recibe el nombre de *lignina* ó *vasculosa;* según otros autores este caso, mejor que de transformación química, es de depósito; la celulosa no se transforma, sino que se incrusta de lignina. Este cuerpo se formula aproximadamente $C^{19}\ H^{12}\ O^{10}$.

Lignificada, la membrana se colorea de amarillo por el yodo y el clururo de cinc yodado, de rosa por la fuchsina; toma un tinte rojo por la floroglucina adicionada de ácido clorhídrico; es insoluble en el líquido cupro-amoniacal y resiste la acción destructora del *Bacillus amylobacter*. Las células y las fibras lignificadas adquieren gran consistencia, forman el corazón de la madera en los viejos troncos.

No se lignifica la membrana en todo su espesor; en muchas fibras leñosas ó liberianas se pueden separar varias cubiertas concéntricas que manifiestan reacciones diferentes.

Las fibras del *Pinus silvestris* tienen tres capas: una externa que parece envolver muchas fibras, otra media de mayor espesor y otra interna que es la más delgada; como el reactivo de Schultze disuelve la exterior, y las demás no, basta su acción para disociar las fibras que parecen unidas por una envoltura común.

Las células periféricas de determinados vegetales, lo mismo que

las fibras leñosas de otros, aumentan con la edad la dureza, gracias á que se incrustan de compuestos minerales. Las incrustaciones son principalmente de sílice, de carbonato de cal ó de oxalato de la misma base.

La sílice entra en gran cantidad en las membranas celulares epidérmicas de diversas gramíneas y en los tallos de los *Equisetum (colas de caballo);* alguno de éstos encierra hasta 97 por 100 de sílice, por esto se emplean para limpiar los metales.

El carbonato de cal puede hallarse amorfo ó cristalino y estar diseminado por toda la membrana ó acumularse en puntos determinados. Le contienen en el primer estado la mayor parte de las maderas más fuertes (nogal, cedro, abeto, etc.). En algunas algas coralinas y litotamniáceas la incrustación es tal, que mejor parece la planta un polípero. Conviene no confundir estas incrustaciones de la membrana celular con los depósitos calizos que se forman sobre algunos vegetales acuáticos y que suelen ser efecto de la descomposición del bicarbonato de cal disuelto en las aguas.

El oxalato cálcico suele hallarse cristalizado, ya en las células epidérmicas, ya en las del líber, en las del parénquima de las hojas, etc. Se le puede estudiar en las membranas cuticularizadas del parénquima foliar del *Sempervivum calcareum* (Solms Laubach), en los esporangios de muchas mucoríneas, en las cortezas de sauce, álamo y plátano, etc., etc.

Por último, la membrana celular puede impregnarse de substancias colorantes variadas que son poco conocidas y han de mencionarse en otro lugar; algunas cortezas y no pocos leños contienen en tal cantidad las materias colorantes, que son objeto de explotación industrial. Generalmente las membranas que mejor se colorean son las lignificadas ó cuticularizadas.

CAPÍTULO SEGUNDO

PRODUCTOS CELULARES

I. – LEUCITOS Y ALEURONA

Leucitos. – Son el primer grado de la especialización protoplásmica; se consideran como derivados del citoplasma y difieren muy poco de éste, tienen casi su misma composición; también se les ha denominado *plástidos* ó *tofoplastos;* el nombre de leucitos es el más usado.

Se distinguen por su forma y por su aspecto menos granuloso que el citoplasma, más homogéneo, más brillante; su refringencia varía; cuando son menos refringentes se hinchan si absorben el agua y se disuelven en ésta; el alcohol les endurece y les hace más visibles; el yodo les colorea de amarillo; con una solución alcohólica de este mismo cuerpo, á la vez que toman el color indicado, se endurecen haciendo más fácil su estudio. Presentan todas las reacciones de los compuestos albuminoideos.

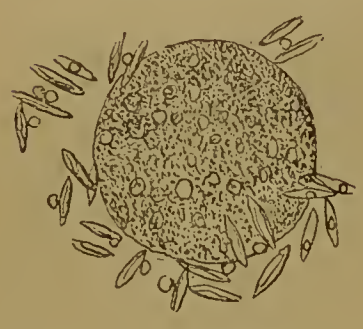


Fig. 19. – Leucitos del *Phajus grandiflorus* rodeando al núcleo y con pequeños corpúsculos de almidón.

Su forma es unas veces esférica, otras alargada, oval, fusiforme ó bacilar. Se pueden estudiar bien (según W. Schimper) en las células periféricas del tallo del *Philodendron grandiflorum,* en que son redondeados; en el albumen del *Melandryum macrocarpum,* que les contiene de forma esférica y fusiformes; en la médula del *Phajus grandiflorus* (fig. 19), etc.

Suelen los leucitos rodear al núcleo ó hallarse acumulados junto á la pared interna de la célula, pero sin tocar ésta ni aquél; siempre se hallan envueltos por la substancia citoplásmica, de la que proceden.

Se reconocen dos clases de leucitos, los *activos* y los *pasivos,* aquéllos se forman cuando la célula se halla en la plenitud de su vida, en el mayor grado de actividad, é intervienen en las funciones

celulares, desempeñando una misión de importancia; los leucitos pasivos son un verdadero material de reserva, formado cuando los tejidos tienen su vida latente, en el mismo momento en que va á comenzar el reposo de la célula, y se les conoce de ordinario con el nombre de *granos de aleurona.*

Los leucitos activos emplean á veces su actividad en formar hidratos de carbono de la fórmula general $C^6 H^{10} O^5$, entre ellos principalmente el almidón; en este caso son incoloros. A veces producen principios que les colorean, y entonces se les llama *cromoleucitos.* En las plantas anémicas existen leucitos incoloros, pero se forma en seguida el principio amarillo denominado *xantofila*, se impregnan de él y se convierten en *xantoleucitos.* La coloración amarilla que tienen los pétalos del girasol y las anteras del azafrán y del cólchico, es debida á la misma causa. Leucitos rojos colorean los frutos del tomate; á otros azules se deben los matices de las flores, en la *Begonia discolor* y en el *Delphinium elatum,* y los de los frutos en la belladona.

Pueden los leucitos colorearse por el *pigmentum* clorofílico, y entonces se les conoce con el nombre de *cloroleucitos;* los llamados granos de clorofila no son otra cosa sino leucitos impregnados del *pigmentum* verde.

En el protoplasma de algunas semillas la actividad de los pequeños elementos, en cuyo estudio nos ocupamos, da lugar á la formación de cuerpos cristalizados, que tan reconoscibles son en los granos de la aleurona.

Aleurona. – Se forman en ciertas circunstancias en el interior de las células y con la substancia protoplásmica elementos figurados cristaloides que obran como tales sin perder su naturaleza albuminoidea. Difieren de los cristales ordinarios por no presentar formas geométricas fijas y por ser muy permeables al agua; son verdaderos *cristaloides proteicos* y constituyen una diferenciación de los leucitos.

Estos cristaloides pueden hallarse encerrados en los granos de aleurona, pero son cuerpos muy distintos.

La aleurona se encuentra en la mayor parte de las semillas, en gran cantidad en la del *ricino* (fig. 20), donde puede estudiarse

fácilmente. Forma gránulos esféricos, ovales, en ocasiones prismáticos; unas veces homogéneos, compuestos solamente de materiales albuminoideos, otras acompañados de cuerpos orgánicos y cuerpos minerales cristalizados, persistiendo siempre la masa fundamental protoplásmica.

El tamaño es muy variable y aunque de ordinario sean incoloros pueden tener coloración rosada *(laurel, malvavisco)*, azul *(Knautia, Cheiranthus)*, amarilla *(Lupinus)*, verde *(lentisco)*, etc.

Se les obtiene con facilidad amasando con aceite semillas oleaginosas *(nueces, almendras, avellanas,* etc.) partidas en pequeños fragmentos; se tamiza luego por un tamiz muy fino, y el aceite que pasa deposita la aleurona, que luego se lava en el éter hasta que no queda residuo del aceite.

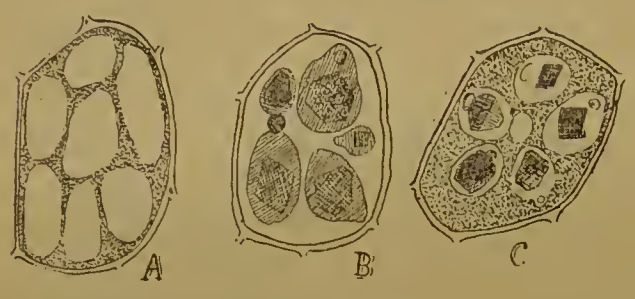


Fig. 20.—Células del albumen de una semilla de ricino conteniendo aleurona (Sachs). —*A*, célula tratada por el ácido sulfúrico que disuelve la aleurona; *B*, célula después de calentada en la glicerina; *C*, célula vista en glicerina diluída.

El agua altera los granos, por lo cual deben observarse en el aceite, en la glicerina ó en una solución de bicloruro de mercurio, la cual permite examinar los elementos accesorios.

Son escasos los granos de aleurona homogéneos; los que se encuentran ofrecen los caracteres y reacciones del protoplasma; no contienen materias grasas y suelen ser solubles en el agua, totalmente ó en parte, si se les trata por el alcohol con un poco de ácido sulfúrico aparecen formados de capas concéntricas *(peonía)*.

La mayor parte contienen elementos accesorios; cristaloides proteicos, pequeñas masas denominadas *globoides* ó cristales de oxalato cálcico.

Se forman en las semillas después que el fruto madura; al iniciarse la germinación se redisuelven en el protoplasma general. El fenómeno parece reducirse (Van Tieghen) en el primer caso á una disociación provocada por evaporarse lentamente en el protoplasma el agua de constitución; en el segundo á la absorción de agua que motiva la germinación y vuelve á la homogeneidad primitiva á la substancia protoplásmica.

II. – CLOROFILA Y MATERIAS COLORANTES

Clorofila y gránulos clorofílicos. – Se confunden de ordinario estos dos términos y sin embargo representan cosas bien distintas; la *clorofila* es el *pigmentum* verde que en estado de solución se encuentra en el interior de las células; los *gránulos clorofílicos*, los que de ordinario se describen como clorofila, son los *cloroleucitos*, es decir, los leucitos coloreados por el *pigmentum* verde, teñidos por la verdadera clorofila.

La clorofila puede colorear lo mismo á los leucitos que al protoplasma todo (algas inferiores) y aun á veces tiñe á determinados cuerpos ternarios, dando lugar á los gránulos que se denominan *cloramilitas*.

Al describir la substancia verde de los vegetales, estudiaremos primero la clorofila y después los cloroleucitos ó corpúsculos clorofílicos.

Caracteres de la clorófila. – Ha sido aislada primero por Gauthier en 1877, después por Hoppe-Seyler, Guignet, etc., obteniéndola en estado cristalino. Se presenta en finas agujas aplastadas, radiantes, que se han referido al sistema monoclínico (prismático oblicuo romboidal) y que son dicroicas, verde-obscuras por reflexión y de un color rojo manchado por transmisión. Insoluble en el agua, se disuelve en el éter, el alcohol, la bencina, etc.

La composición química ha denunciado que se trata de un cuerpo cuaternario, que no contiene hierro como se creía; corresponde á la fórmula $C^{36} H^{30} NO^{4}$. Está desprovista de base científica, por tanto, la creencia general de que cuando las hojas de las plantas palidecen y se tornan amarillentas es debido á la falta de hierro en la clorofila; ésta no contiene tal principio: si agregándole al suelo, según experimentos que parecían concluyentes, la planta clorótica recobra su hermoso color verde habitual, es debido á una reacción química de la que resulta la producción de compuestos tánnicos. Parece tener la clorofila una composición análoga á la de otra substancia colorante animal, la *bilirubina* de la bilis.

Las reacciones de la clorofila inclinan á creer que es un cuerpo ácido, aunque de débil fuerza.

Con el aceite de petróleo se separa la clorofila en una solución alcohólica verde obtenida tratando hojas desecadas por alcohol concentrado; diluyendo después el alcohol y agregando unas gotas de sosa disuelta, agitando, se forma un precipitado verde muy intenso de *clorofilato de sosa* que es soluble en el agua. Por doble descomposición pueden formarse sales clorofílicas de calcio, de bario y de plomo.

Bajo la acción de ciertas radiaciones, la clorofila se oxida y destruye decolorándose; á los fenómenos que se operan en estas circunstancias se halla íntimamente ligada la vida de las plantas; la substancia clorofílica destruída vuelve, continuando la función del protoplasma, á regenerarse. La luz influye de un modo esencial en todos estos cambios, como en la Fisiología veremos.

El espectro formado por la clorofila disuelta en la bencina, presenta siete fajas obscuras, cuatro estrechas situadas en la mitad menos refrangible del espectro y tres anchas, dispuestas en la parte más refrangible.

Según Chautard, de todas ellas, la más importante y la sola característica de la clorofila es la faja negra, situada en el rojo entre las B y C de Frauenhofer; las demás dependen de las circunstancias, que las hacen variar.

Para la producción de la clorofila es necesaria en primer término la luz; las plantas que nacen en la obscuridad son amarillas; si sobre ellas actúan los rayos luminosos se tornan de color verde. Actúan de modo distinto los rayos del espectro: los amarillos son más activos; la actividad decrece hacia el violado y hacia el rojo.

Como la luz solar intensa destruye en parte al pigmento clorofílico, para la formación, lo mismo que para la conservación de la clorofila, es más oportuna la luz difusa. Obra la artificial lo mismo que la solar, si bien aquélla ha de ser más intensa.

Cuando las plantas verdes se decoloran en la obscuridad es debido, según Wiesner, á que se producen en gran cantidad ácidos orgánicos que destruyen el pigmento clorofílico. Algunas plantas crasas *(Cactus)* resisten mucho tiempo en la obscuridad sin perder el color verde.

Influye la temperatura en la formación de la clorofila é influye también la presencia de ciertos cuerpos, principalmente del hierro.

Clorofila, xantofila é hipoclorina. — Acompaña siempre á la clorofila una substancia colorante amarilla que se denomina *xàntofila* y cuya formación precede á la de aquélla; los leucitos antes de convertirse en cloroleucitos pasan por *xantoleucitos*.

En 1879 Pringsheim descubrió en los corpúsculos clorofílicos una substancia cristalizable, que se impresiona á la luz con mayor rapidez aún que la clorofila y á la que denominó *hipoclorina*.

La xantofila se forma en la obscuridad y se le conoce también con el nombre de *etiolina*. Su coloración varía desde el amarillo pálido al amarillo obscuro y al anaranjado. Este último color le toma cuando se le expone á la luz y la temperatura es muy baja. Es insoluble en el agua; se disuelve en el alcohol; su espectro contiene tres anchas fajas negras en la parte menos refrangible.

La hipoclorina es compañera inseparable de la clorofila; sólo deja de coexistir con ésta en las algas que contienen un principio colorante azul, rojo ó pardo. Se la obtiene tratando por el ácido clorhídrico diluído hojas de plantas acuáticas ó musgos; al cabo de algún tiempo aparecen cristalitos aciculares ó bacilares, insolubles en el agua, solubles en el alcohol, éter, sulfuro de carbono, bencina, etc. Aunque no se conoce bien este importante cuerpo, se le supone perteneciente á la serie de los cuerpos grasos ó resinosos.

Pringsheim concedió á la hipoclorina excepcional importancia; le atribuía las funciones que ordinariamente se asignan á la clorofila. Esta, para aquel autor, ejercía sólo un papel moderador, el de regular la acción luminosa sobre un principio tan extraordinariamente sensible como es la hipoclorina.

Sea de esto último lo que quiera, á la clorofila con la xantofila y la hipoclorina que le acompañan, se deben las más importantes funciones de la vida vegetal.

Cloroleucitos. — En esta disposición se halla más ordinariamente la clorofila; constituyendo elementos figurados (fig. 21), especializándose, aislándose del protoplasma fundamental que resulta incoloro.

Los corpúsculos clorofílicos, según antes se llamaban, afectan formas distintas y características. La clase de las algas es la que ofrece bajo este aspecto variedad mayor. En las *Spirogyra* y en algunas desmidiáceas (figs. 22 y 23) se disponen formando una ó várias cintas espirales, á las que el género debe su nombre; cuando la célula se divide, la cinta ó cintas cloroleucíticas se dividen también. En las *Zygnema* forman cuerpos estrellados que flotan en la cavidad general. En los *Sirogonium* parecen bastones nudosos dispuestos longitudinalmente. En la *Sphæroplea annulina* forman discos transversales separados por zonas más claras; parecen diafragmas intercelulares. Y así sucesivamente.

Fig. 21. – Cloroleucitos de *Funaria hygrometrica*. – *A*, grano clorofílico joven con dos corpúsculos amiláceos; *B*, cloroleucito dividiéndose; *C*, cloroleucito de más edad hinchado por el agua; *D*, en este grano la clorofila ha desaparecido casi por completo cediendo espacio al almidón.

Puede decirse, á pesar de su frecuencia, que todos estos casos son excepcionales. Generalmente, los cloroleucitos, como los leucitos, tienen formas redondeadas, esféricas, ovoideas, etc., y también poliédricas en apariencia. Son en unos casos numerosos y de pequeño tamaño (*Funaria hygrometrica*), escasos y de mayor grosor en otros (*Selaginella*); en una hepática (*Anthoceros*) sólo hay un corpúsculo de gran tamaño en cada célula.

Para favorecer la importante misión de los cloroleucitos, éstos se deforman y desplazan según conviene. Aislados, se forman, crecen y se multiplican. Cuando se hallan dispuestos en cintas, discos, bastoncitos, etc., se puede decir que siguen en su vida la marcha misma de la célula.

Unas veces los leucitos se colorean apenas nacidos por la producción simultánea de xantofila y de clorofila (pelos de *Cucurbita*), otras permanecen bastante tiempo incoloros (*Salvinia*, *Bryopsis*).

Sólo se forman los cloroleucitos bajo la acción de la luz; así se les ve concentrados en determinadas partes del vegetal y ausentes de otras; cuando los órganos que los poseen se colocan en la obscuridad, los cloroleucitos se decoloran y aun los leucitos resultantes desaparecen más tarde; el frío, la falta de hierro, un calor muy intenso, logran el mismo efecto.

Los tallos jóvenes están provistos de cloroleucitos, las raíces

carecen generalmente de ellos; no es esto debido á la naturaleza morfológica del órgano, sino á su habitación subterránea ó aérea; por eso vemos raíces aéreas ó acuáticas con corpúsculos clorofílicos y tallos subterráneos sin coloración verde. En los órganos de tenue espesor, los cloroleucitos residen en cualquier punto; en las partes gruesas del vegetal sólo se encuentran en la superficie.

Las plantas parásitas ó saprofitas, totalmente ó en gran parte

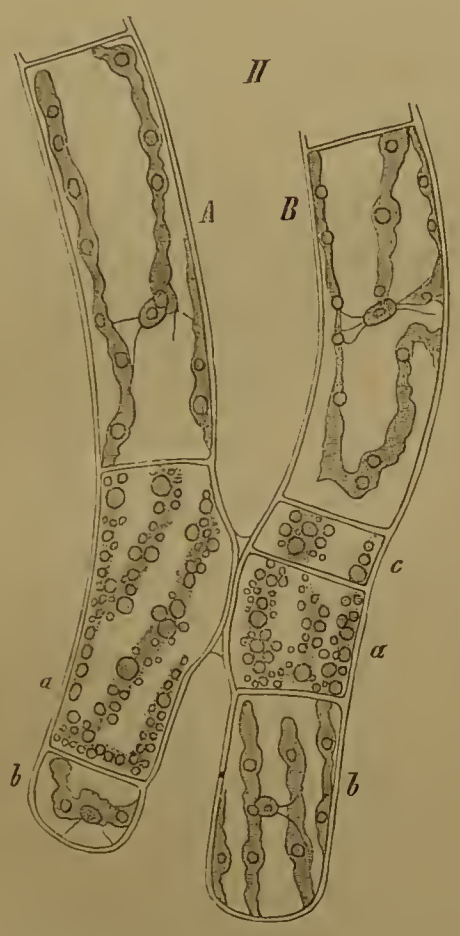


Fig. 22. – *Spirogyra stictica.*

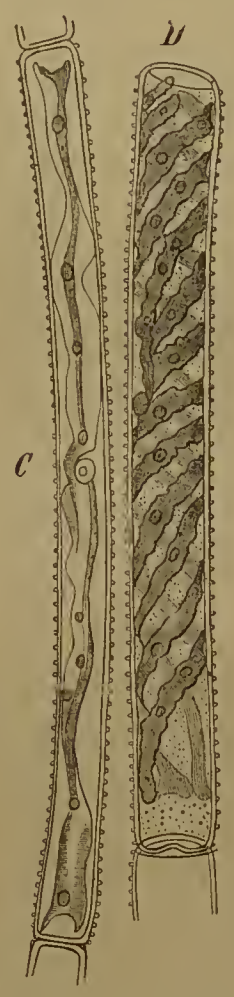


Fig. 23. – *C, Gonatozygon Ralfsii* De Bary $\left(\frac{390}{1}\right)$.
D, Genicularia Spirotænia De Bary $\left(\frac{300}{1}\right)$.

de sus órganos exteriores, están faltas de gránulos clorofílicos. En las flores de la cúscuta se han hallado cloroleucitos; en cambio, en el resto de la planta sólo ha podido denunciarse (Temme), merced al análisis espectral, la presencia de una insignificante cantidad de clorofila. Los hongos están por completo desprovistos de esta substancia.

Los cloroleucitos, que con tan pocas excepciones se encuentran en todos los vegetales, se han hallado también en los animales. Ejemplo de ello son la *Euglena viridis* y el *Paramæcium bur-*

saria entre los infusorios, la *Hydra viridis* entre los pólipos y la *Convoluta Schultzii* entre los gusanos.

Materias colorantes diversas. — Parcialmente las flores y los frutos, los tallos ó las raíces, presentan colores distintos del verde, que son debidos á pigmentos que impregnan las membranas celulares ó se hallan disueltos en el jugo celular; á veces la substancia colorante se deposita sobre la parte externa de los órganos en finas granulaciones.

Se ha llamado *pigmentos supernumerarios* á los que acompañan á la clorofila en determinadas algas, hasta el extremo de ofuscar el color verde sustituyéndole por otro que da tono general á la planta; entre ellos se colocan el rosa vivo de las florídeas, denominado *fico-eritrina;* la *ficofeina*, que imprime color pardusco á las fucáceas; la *ficocianina*, que da matiz azul á las oscilarias, y la *diatomina* ó *ficoxantina*, amarillo obscuro de las diatomáceas. Todos ellos son solubles en el agua, insolubles en el alcohol y en el éter.

Muchos principios colorantes, como los de las flores, proceden de la transformación de la clorofila. La coloración de un órgano vegetal puede también ser resultado de la coexistencia de dos materias, la una que impregna los leucitos formando *cromoleucitos*, la otra disuelta en el jugo celular.

Los colores más frecuentes en las plantas son, además del verde, el amarillo, el anaranjado, el azul, el violeta, el rojo, el gris, el pardo, el negro y el blanco; colorean á la totalidad del órgano ó le matizan; los tonos son muy numerosos y se pasa insensiblemente de un color á otro.

Suelen formarse con los colores dos series; la *serie xántica* y la *serie ciánica:* la primera comprende el rojo, rojo-anaranjado, anaranjado, anaranjado-amarillo, amarillo-verdoso; en la segunda están comprendidos el verde-azulado, el azul, azul-violado, violado, violado-rojizo y rojo. En el punto intermedio se encuentran el verde y el rojo, uno á cada extremo.

El *amarillo* es el color de gran número de corolas; se debe á una materia llamada *antoxantina*, disuelta en el jugo celular á veces, que colorea en la generalidad de los casos á los leucitos, y entonces se produce por transformación de la clorofila, pues el órga-

no cuando joven es verde y con la edad y la sazón los corpúsculos se tornan amarillos.

Hay maderas y cortezas que tienen este color, y muchas de ellas se utilizan en la industria; aquí la materia colorante se halló primero disuelta en el jugo celular y de allí pasó al espesor de las membranas celulares ó de las fibras, acumulándose en ellas. Citaremos como ejemplo la *berberina*, la *curcumina*, la *luteolina* y el *quercitrín*.

La *coloración roja* sucede en muchos órganos á la verde y entonces resulta de una transformación de la clorofila. Cuando es el color normal de la planta, se debe á principios de composición variada.

Según Cloez y Fremy las flores rojas ó rosadas poseen un jugo de reacción ácida que creen producido por la acción del ácido sobre la *cianina*, substancia colorante azul. En realidad, respecto á este asunto no pueden formularse reglas de carácter general.

Muchos tallos y raíces encierran materias colorantes rojas; recordemos la *granza* ó *rubia (Rubia tinctorum)*, que es planta de nuestro país y que contiene un principio denominado *alizarina;* el *cártamo* ó *alazor (Carthamus tinctorius)*, cuyo jugo rojo es el *ácido cartámico;* el *palo campeche (Hæmatoxylon campechianum)* al que da color la *hematoxilina*, etc., etc.

El *color azul* es frecuente en corolas y frutos; la materia que le produce está de ordinario disuelta en el jugo celular; en algunos casos forma cromoleucitos (bayas de ciertas *Passiflora)*. Para juzgar de la importancia industrial que tienen algunas plantas que proporcionan materias colorantes azules, basta citar el *índigo*, extraído de las leguminosas del género *Indigofera;* el principio azul de estas plantas es la *indigotina*.

El *negro* sólo se encuentra en algunas maderas, como el *ébano (Diospyros ebenum* en el Asia, *Diospyros Blancoi* en Filipinas, *Diospyros tetrasperma* en Cuba, etc).

El *blanco puro* no es producido por ninguna substancia colorante; se debe al aire acumulado en los espacios intercelulares.

En las coloraciones dominantes en el campo, obsérvase cierta normal sucesión, relacionada algún tanto con las estaciones; en nuestro país las primeras plantas cuyas flores imprimen tono á los

campos suelen ser amarillas; al comenzar la primavera grandes extensiones del suelo tienen este color, gracias al predominio de las crucíferas del género *Sisymbrium* y análogos; de las *pamplinas (Hypecoum);* de las compuestas, cuyos flósculos son amarillos (*Caléndula, Taraxacum);* de los *ranúnculos;* en el Mediodía y Levante da tono á los sembrados con sus grandes flores amarillas el *Oxalis cernua.*

Suceden al color amarillo el rojo y el violado con el predominio de los *ababoles* ó *amapolas (Papaver Rhœas),* de las borragíneas de grandes flores, de ciertas ranunculáceas, etc.

En los montes bajos y en las estepas se podrían hallar hechos análogos. Nótese el distinto color que al campo dan las retamas en flor ó los brezos.

La producción de las substancias colorantes debe estar relacionada con la temperatura de un modo general.

III. – ALMIDÓN É INULINA

Almidón. – Si colocamos en el campo del microscopio un poco del jugo blanquecino que se produce al partir una patata, le veremos diferenciarse en un sinnúmero de gránulos ovales, que aparecen como formados de capas concéntricas, dispuestas en derredor de un punto que recibe el nombre de *hilo* ó núcleo. Estos gránulos son de *almidón* (fig. 24 *A).*

Si en vez de observar éste de modo tan tosco y sencillo, con mucho cuidado preparamos una delgada lámina de patata, podremos notar que los granos están rellenando la cavidad interna de células que tienen su contorno poligonal (fig. 25), son de tamaño variable y con frecuencia en vez de simples aparecen compuestos (fig. 24 *B)* por la unión de dos ó de más. El almidón, es pues un producto de los vegetales, formado en el interior de las células.

También se producen en el mundo animal substancias amiláceas y en los animales inferiores (infusorios) encuéntranse no pocas veces gránulos de almidón con su estructura típica; en algún caso (*Balantidium coli* del cerdo) puede atribuirse su presencia al régimen alimenticio del animal superior sobre que vive el infusorio.

Composición y propiedades químicas. — Analizado el almidón, denuncia que está compuesto de los tres elementos carbono, hidrógeno y oxígeno; es un hidrato de C. que se formula $C\ H^{10}\ O^{5}$ ó mejor $(C^{6}\ H^{10}\ O^{5})_{n}$ siendo probablemente $n = 3$. Aparte de esto, siempre encierran los granos una pequeña cantidad de cuerpos minerales.

Durante largo tiempo ha dominado entre los botánicos la opinión de Nægeli respecto á la constitución fundamental de la materia amilácea. Aquel autor suponía que el grano de almidón estaba

Fig. 24. *A*, grano sencillo de almidón de patata. (*H*, hilo ó núcleo); *B*, grano compuesto de otros tres.

Fig. 25. Células del tubérculo de la patata, llenas de granos de *almidón*.

compuesto de dos substancias químicas distintas, la *granulosa* y la *amilosa*, que siendo isómeras desempeñaban un papel distinto, pues mientras la primera podía considerarse como la materia fundamental, la amilosa constituía el esqueleto del grano de almidón.

La granulosa sería soluble en la saliva, la amilosa no; de aquí el hecho en que Nægeli apoyaba su doctrina, de que sometiendo el almidón durante un día á la acción de la saliva, con una temperatura de 45 á 55 grados centígrados, la forma de los granos no se modifica; pero ciertas partes han desaparecido, y el resto no se disuelve en el agua hirviendo ni adquiere coloración violada con el yodo. No sólo la saliva, sino otros líquidos son susceptibles de disolver á la granulosa. La amilosa se transforma en su isómera por la acción del ácido sulfúrico concentrado ó del cloruro de cinc.

Contra esta opinión dominante, Meyer ha opuesto un hecho; sufriendo el almidón la acción hidratante de los agentes empleados por Nægeli, se transforma sucesivamente en diversos cuerpos, el primero de los cuales es la *amidodextrina*, que precisamente se

comporta con el yodo y demás reactivos como la pretendida amilosa. Meyer opina que el esqueleto resultante después de obrar la saliva ó los ácidos, es de amidodextrina y explica el porqué de la persistencia de ésta.

Algún otro autor, Brücke, no cree que son dos, sino tres las substancias de que el almidón de los vegetales se constituye: la *granulosa*, que forma la mayor parte y se colorea por el yodo de violado; la *eritrogranulosa*, muy ávida del yodo que la colorea en rojo, y la *celulosa*, que no se colorea por este reactivo ó se vuelve amarilla.

Por otra parte Bourquelot afirma que no está formado el almidón ni de una ni de dos ni tres especies químicas, sino de varios hidratos de carbono que al principio pueden ser idénticos, pero se van formando con la vida del gránulo y oponen diferente resistencia á la acción hidratante, por lo cual parecen distintos.

Cualquiera que sea la verdadera constitución del producto vegetal que describimos, es indudable que actualmente no puede aceptarse la opinión de Nægeli. Esta conclusión, ya bastante generalizada, se deduce mucho mejor tomando datos y estudiando los hechos que la fisiología animal nos muestra, muy semejante á los que estudiaremos en la *digestión vegetal.*

El almidón es en realidad un anhídrido de las glucosas; toma agua y se transforma en azúcares de la fórmula $C^6 H^{12} O^6$, mediante la fermentación ó la cocción con el ácido sulfúrico ($C^6 H^{10} O^5 + H^2 O = C^6 H^{12} O^6$).

A su disposición molecular, á su estructura, se debe sin duda el que obren los agentes químicos de un modo incompleto; pulverizado el almidón y haciendo obrar después la saliva, la sacarificación se opera en el mismo tiempo para los diferentes almidones.

Se han estudiado las transformaciones que el almidón sufre en la digestión de los animales y nos interesa mucho sintetizar los hechos conocidos, ya porque luego tienen aplicación exacta á la fisiología vegetal, ya porque ellos permiten fundar algún juicio respecto á la constitución química de la substancia amilácea.

De un modo general se dice que el almidón se transforma por la saliva, como por otros agentes, en dextrina y después en glucosa, pero las dextrinas son varias y el fenómeno es un poco complejo. Las observaciones más recientes (Beaunis) demuestran que se

forman los cuerpos que siguen: 1.º, *almidón soluble* (*amidulina* de Nasse ó *amilodextrina* de Nægeli); 2.º, la *eritrodextrina* de Brücke; 3.º, la *acrodextrina*, de la que se conocen tres variedades de diferente poder reductor; 4.º, la *maltosa*, y 5.º, el *azúcar*. La acción de la saliva se cree que es semejante á la de las diastasas vegetales.

El almidón no es soluble en el agua fría; cuando se calienta, los granos aumentan considerablemente de volumen. La reacción más característica es la del yodo.

Forma, estructura y propiedades físicas del almidón. — No sólo se encuentra en la disposición en que le hemos hallado al examinar la patata. Es lo ordinario que forme granos, pero también impregna á veces el protoplasma en el estado amorfo, como sucede en algunos esquizomicetos (*Bacillus amylobacter*, por ejemplo).

Al principio la mayor parte son esféricos y en esta forma permanecen siempre en algunas plantas (rizomas de *Veratrum*, semillas de *Acanthus*); pero en la generalidad de los casos con el crecimiento se modifican, y los hay ovales como los de la patata, triangulares (*Tulipa*, *Narcissus*, rizoma de helechos), poliédricos (semillas del maíz); de las más variadas formas (figs. 26 y 27).

Muchos se encuentran aislados, pero los hay que forman grupos como los que se observan en la zarzaparrilla, cólchico, *Dioscorea*, avena (fig. 28), ipecacuana, aro, etc. El número de granos agregados puede llegar á ser de muchos miles (*Chenopodium*, *Spinacia*).

Las dimensiones son más variables aún que la forma; los de mayor tamaño suelen hallarse en los órganos subterráneos, los más pequeños en las semillas.

En el gránulo de almidón de patata hemos distinguido líneas concéntricas en derredor de un núcleo ó hilo. Este tiene figura variada; es á veces puntiforme, en otros una línea longitudinal, dos líneas formando ángulo en algunos, etc., etc. Las líneas concéntricas son zonas grises y zonas claras que alternan, correspondiendo á capas de densidad distinta; cuanto más obscuras son, tienen menor densidad y mayor dosis de agua; las más claras son las más duras. Generalmente, la dureza disminuye desde la parte externa hacia la interna en todas las capas, lo mismo en las más brillantes que en las más opacas.

Tiene el almidón una gran dosis de agua, y como se halla desigualmente repartida en la masa de aquél, motiva la existencia de zonas distintas. Estas desaparecen si el grano se somete á la acción

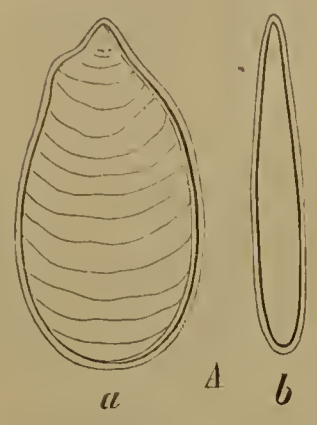


Fig. 26. – Grano de almidón de *Curcuma longa* L., – *a* visto de frente. – *b*, visto de lado.

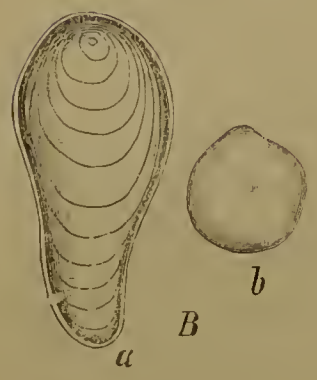


Fig. 27. – Grano de almidón de *Alpinia officinarum* Hance. – *a*, visto de frente. – *b*, corte transversal.

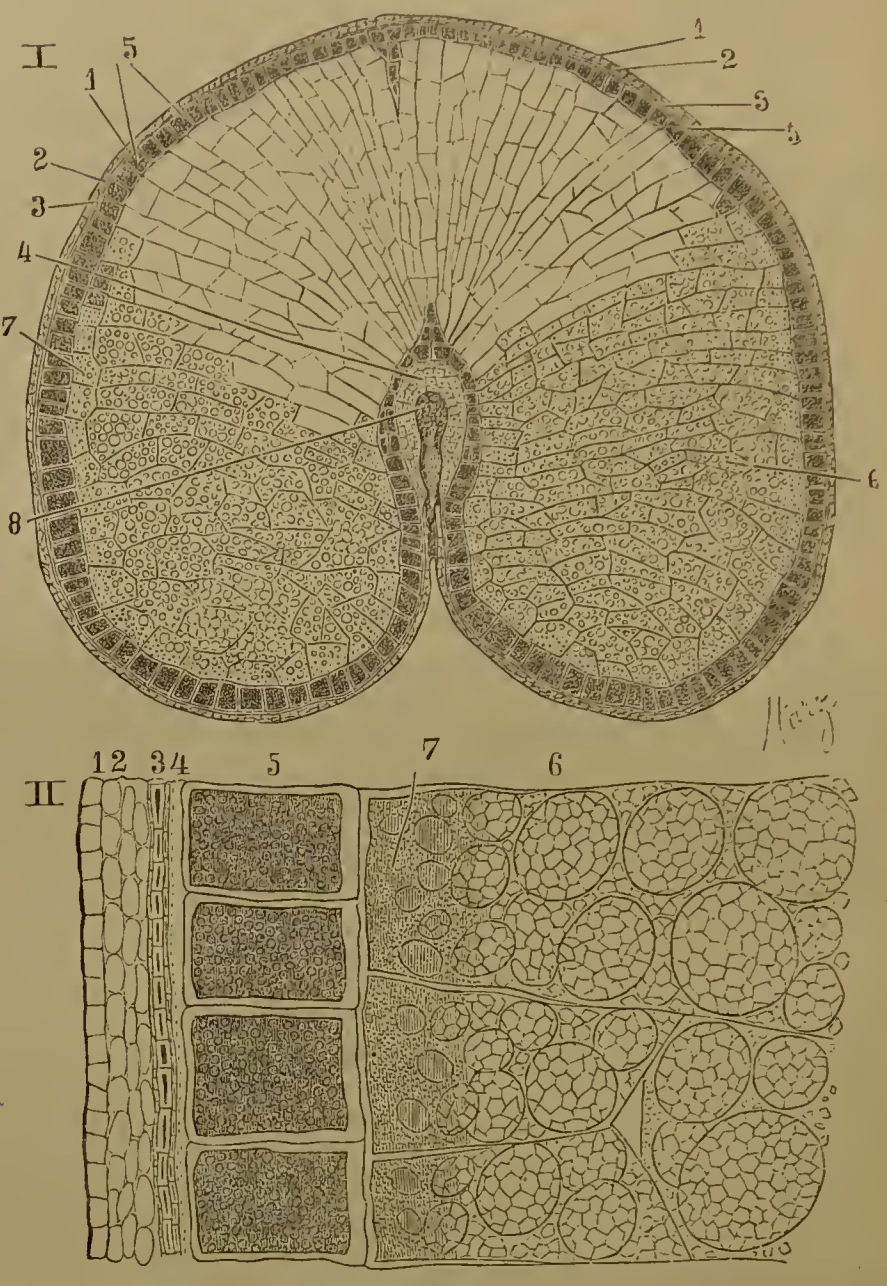


Fig. 28. – Avena (*Avena sativa* L.)—I. Corte transversal de un fruto. (El número 6 señala la masa celular del albumen llena de almidón). II. Sección de la periferia del fruto, muy aumentada. Se observan en ella perfectamente los granos de almidón, formado cada uno de muchos otros poliédricos. (Según Harz.)

del alcohol absoluto ó del calor, en cuyo caso se deshidrata; desaparecen también cuando absorbe un exceso de líquido.

La absorción del agua hincha á los gránulos, pero desigualmente; la distensión es mucho mayor en el sentido de las zonas que en dirección perpendicular á ellas.

Refractan los granos de almidón muy fuertemente á la luz; son

cuerpos birrefringentes que con la luz polarizada producen una cruz negra, cuyas ramas parten del hilo.

Por las propiedades físicas se ha deducido que los gránulos se hallan íntimamente formados de cristaloides prismáticos uniáxicos, que irradian á partir del núcleo; son por tanto cristalizaciones de la substancia amilácea, verdaderos esfero-cristales.

Origen y crecimiento de los granos de almidón. — Se ha aceptado como cosa corriente por los botánicos el que los gránulos del almidón eran una de las manifestaciones de los leucitos activos; en este sentido explicaba Schimper la estructura y propiedades de aquéllos; podían derivar lo mismo de los leucitos que de los cloroleucitos ó gránulos de clorofila; así parecía confirmarse con el examen de diversas plantas y con los hechos fisiológicos.

Siguiendo esta opinión, se averiguó que en las células desprovistas de clorofila, el almidón se producía en forma de pequeñas granulaciones, en la parte externa ó en el interior de los leucitos; éstos, poco á poco, desaparecían, y por completo cuando aquellas granulaciones, uniéndose, llegaban á constituir los granos amiláceos.

Si las células eran verdes, la producción del almidón tenía lugar en la superficie ó en el interior de los corpúsculos clorofílicos.

Ultimamente, Belzung ha emitido una opinión opuesta; se funda en que muchas veces lo que se tenía por leucitos son amilitos derivados del gránulo de almidón, en vez de ser origen de éste. Para dicho biólogo nace el almidón en forma de corpúsculos muy tenues ó de cuerpos aciculares, directamente del citoplasma y sin relación alguna con los elementos figurados. La clorofila, dentro de esta opinión, puede derivar de los hidratos de carbono ó amilitas.

También es Schimper el autor de la teoría corriente acerca del crecimiento de los granos de almidón; antes se creía con Nægeli que crecían por intussuscepción, hoy se afirma con Schimper que crecen como los cristales, por *yuxtaposición* de nuevos corpúsculos. Inclina á afirmar esto último el hecho de que muchas veces se formen granos dobles, porque hallándose dos juntos, se va adicionando sobre ellos nueva substancia amilácea que les envuelve formando zonas concéntricas que rodean á las parciales de cada grano; estas

últimas se destacan en medio de las otras, con su centro ó hilo cada una. Además, cuando de un grano desaparece por erosión alguna pequeña parte, se recompone por agregársele nuevos corpúsculos.

Algunos hechos parecen comprobar que si bien es lo ordinario el crecimiento por yuxtaposición, como excepcional se presenta la intussuscepción; ocurre esto cuando se regeneran ciertos granos que degeneraron interiormente.

Inulina. — Un cuerpo que no difiere químicamente del almidón; ambos se componen de los mismos elementos simples y en proporciones iguales. Difieren no obstante mucho por sus propiedades físicas; sólo tienen de común la cruz que en ambos cuerpos se produce cuando actúa sobre ellos la luz polarizada, y aun esta propiedad sólo la ofrece la inulina en estado cristalino, no la amorfa.

Los vegetales que contienen inulina como reserva alimenticia, no contienen almidón. Se halló por vez primera en las raíces del *Inula Helenium* y por esto se le dió el nombre que lleva. Posteriormente se ha encontrado en muchas fanerógamas (dalia y algunas otras compuestas, campanuláceas, lobeliáceas, umbelíferas de ciertos géneros, etc.), y hasta en las criptógamas (algas del género *Acetabularia*, líquenes del *Ramarina)*. De ordinario se le obtiene de la *Inula*, que puede proporcionarle en abundancia.

Se halla disuelta en el jugo celular y se precipita simplemente por desecación y mejor macerando durante algún tiempo pedazos de raíz de *Inula* en el alcohol ó en la glicerina. Es soluble en el agua hirviendo y no se colorea por el yodo; con estas propiedades basta para diferenciarle del almidón.

Para estudiarla recomienda Lanessan el procedimiento siguiente: se maceran en el alcohol absoluto, durante algunos días, pedazos de la raíz de *Inula Helenium* (1). Se dan después cortes delgados con el microtomo y se les observa en la glicerina; si la preparación se deja en seguida algunos minutos en el ácido acético y se la observa colocándola en glicerina acidulada con el mismo ácido, los caracteres se destacan con claridad mayor.

---

(1) Esta planta vive espontáneamente en nuestro país, en el Norte y centro de la península, recibiendo los nombres vulgares de *Enula campana*, *Ala*, *Hierba campana*, *Alani* y *Hierba del Moro*.

Se presenta unas veces amorfa y otras cristalina; en el primer caso (fig. 29) en masas redondeadas de diferente grosor. Los cristales son aciculares, están en íntimo contacto los unos con los otros y se agrupan en masas radiadas que tienen la forma de casquetes esféricos (fig. 30); la parte plana del casquete es la que se aplica contra la membrana celular, y á veces, correspondiéndose los segmentos en dos, tres ó más células inmediatas, entre varios se forma

Fig. 29. – Célula de *Inula* con *inulina* amorfa, después de tratada por el alcohol.

Fig. 30. – Cristales de *inulina* en el interior de las células.

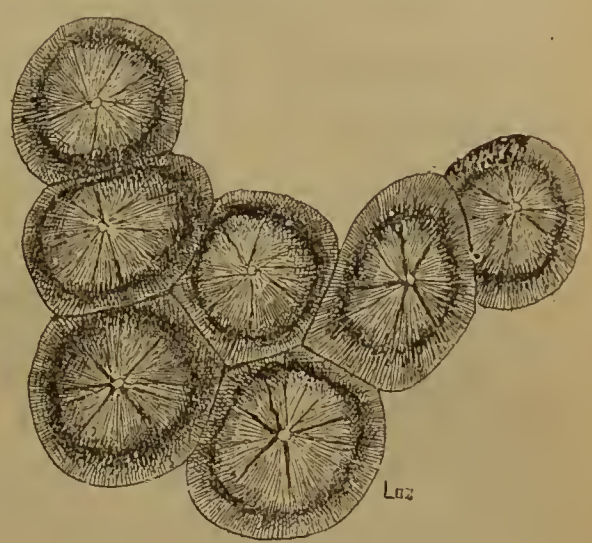


Fig. 31. – Esfero-cristales de *inulina* aislados de la raíz de *Inula*.

una esfera; en esta disposición, al desaparecer las cubiertas celulares se precipitan los cristales de inulina, que reciben el nombre de *esfero-cristales* (fig. 31).

IV. – CUERPOS MINERALES

Diversas materias minerales se encuentran en las células, ya en forma cristalina, ya en agrupaciones esféricas (esfero-cristales), en estado amorfo ó incrustando la membrana celular.

Las concreciones ó nódulos amorfos de sílice son frecuentes en el protoplasma mismo (orquídeas, palmas, bambúes).

Los llamados *globoides* que acompañan á los granos de aleurona, en gran cantidad á veces *(Delphinium)*, muy gruesos en determinadas plantas *(vid)*, se consideran formados por un glicerofosfato ó sacarofosfato de magnesia y cal.

Se han hallado también cristales de azufre (género *Beggiatoa* de las oscilarias, ciertos *Bacillus)*; de yeso *(Fucus vexiculosus, Mu-*

sa, raíz de *acónito*, corteza de *abedul)* y de fosfato de calcio (tallo de *Tectona grandis)*.

El carbonato cálcico se halla contenido en el protoplasma de muchas células, ya en distintas granulaciones cristalinas que denuncia la luz polarizada *(mixomicetos)*, ya en finos cristales (cicadeas, cápteas, etc.). Además, bajo esta última forma, el carbonato de cal se encuentra en gran cantidad en los cistolitos. Describiremos estas curiosas formaciones celulares y antes los cristales de oxalato de calcio, que son entre todos los que más interés ofrecen al botánico.

Cristales de oxalato cálcico. — Se forman por la acción del ácido oxálico sobre las sales solubles de calcio que la célula contiene. Este ácido es uno de los productos de desasimilación del protoplasma y por ello se encuentra tan repartido en el mundo vegetal y aun en los animales. Como una vez formado el oxalato cálcico se acumula en determinadas células, algunas le contienen al morir en tan gran cantidad que los tallos viejos de ciertas cápteas llegan á tener un 85 por 100, después de desecados.

En la cavidad celular se halla ordinariamente cristalizado y sus formas varían según las condiciones de formación. Hay tres principales: una que pertenece al sistema tetragonal y encierra en su masa seis moléculas de agua; la segunda es del sistema monoclínico y contiene sólo dos moléculas de agua; la tercera forma es la acicular, que constituye los *ráfides* (fig. 32), haces de finísimos prismas, cuyo sistema cristalográfico es difícil de definir. Unas veces son figuras geométricas sencillas, otras modificadas con cierta complicación y en ocasiones se agrupan ó geminan de modo más ó menos regular.

Cualquiera que sea la forma bajo la que se halle, el oxalato de calcio se reconoce con facilidad porque no se disuelve en el ácido acético, y al disolverse en el clorhídrico ni produce efervescencia ni desprende gases.

Los ráfides, que pueden observarse en la generalidad de los monocotiledóneos *(ajo, aloes*, etc.), requieren para formarse la presencia de ciertas substancias mucilaginosas; por eso cuando se colocan las células que les contienen en el agua, se hincha tanto el

mucílago, que rompe la pared celular, y los cristalitos aciculares de los ráfides se separan.

Deriva, como hemos dicho, el oxalato, del protoplasma; mientras la célula está viva los cristales aumentan de volumen, cuando la célula muere ya no crecen más.

Para observarles bien pueden elegirse las hojas de *Citrus*, las de *Begonia* ó *Cycas*, las células medulares del *ricino* ó la *Kerria japonica*.

A pesar de que pueden hallarse estos cristales en todas las células parenquimatosas, hay células especiales que les contienen y que forman las llamadas *glándulas de cristales*.

El oxalato cálcico puede depositarse también en las membranas de las células, y lo hace algunas veces en granulaciones amorfas (epidermis de taxineas, cupresineas, etc.), tan abundantes en ciertas ocasiones que llegan á imprimir coloración blanquecina á la epidermis del vegetal (algunas especies de *Sempervivum*). Membranas hay que le contienen cristalizado, siendo de este caso un buen ejemplo, citado por todos los autores de Botánica, las células esclerenquimatosas de la *Welwitschia mirabilis*.

Fig. 32. -- Ráfides contenidos en una célula epidérmica de *Aloe*.

Cistolitos. — Si se da un corte al parenquima de la hoja del *Ficus elastica*, es muy fácil hallar grandes células ovaladas, inmediatamente debajo de la cutícula, en cuyo interior se observa un grueso cuerpo mamelonado, que presenta la superficie erizada por los ángulos de numerosos cristales, y se halla sujeto á la pared celular por un pedículo (fig. 33 *E*). Esta curiosa formación es lo que se denomina un cistolito.

De la estructura de los cistolitos se forma clara idea asistiendo primero á su formación y observándolos después de haber separado los cristales de carbonato cálcico, tratando la preparación por un ácido ó por el bicromato de amoníaco.

La formación se puede ver en el *Ficus elastica* mismo; al principio, bajo la cutícula, existe una fila de células rectangulares dispuestas longitudinalmente (fig. 33 *A*); en algunas de ellas la pared

cuticular se hace muy gruesa, comienza á formarse la parte celulósica, el armazón del cistolito. Poco después, aquella fila de célu-

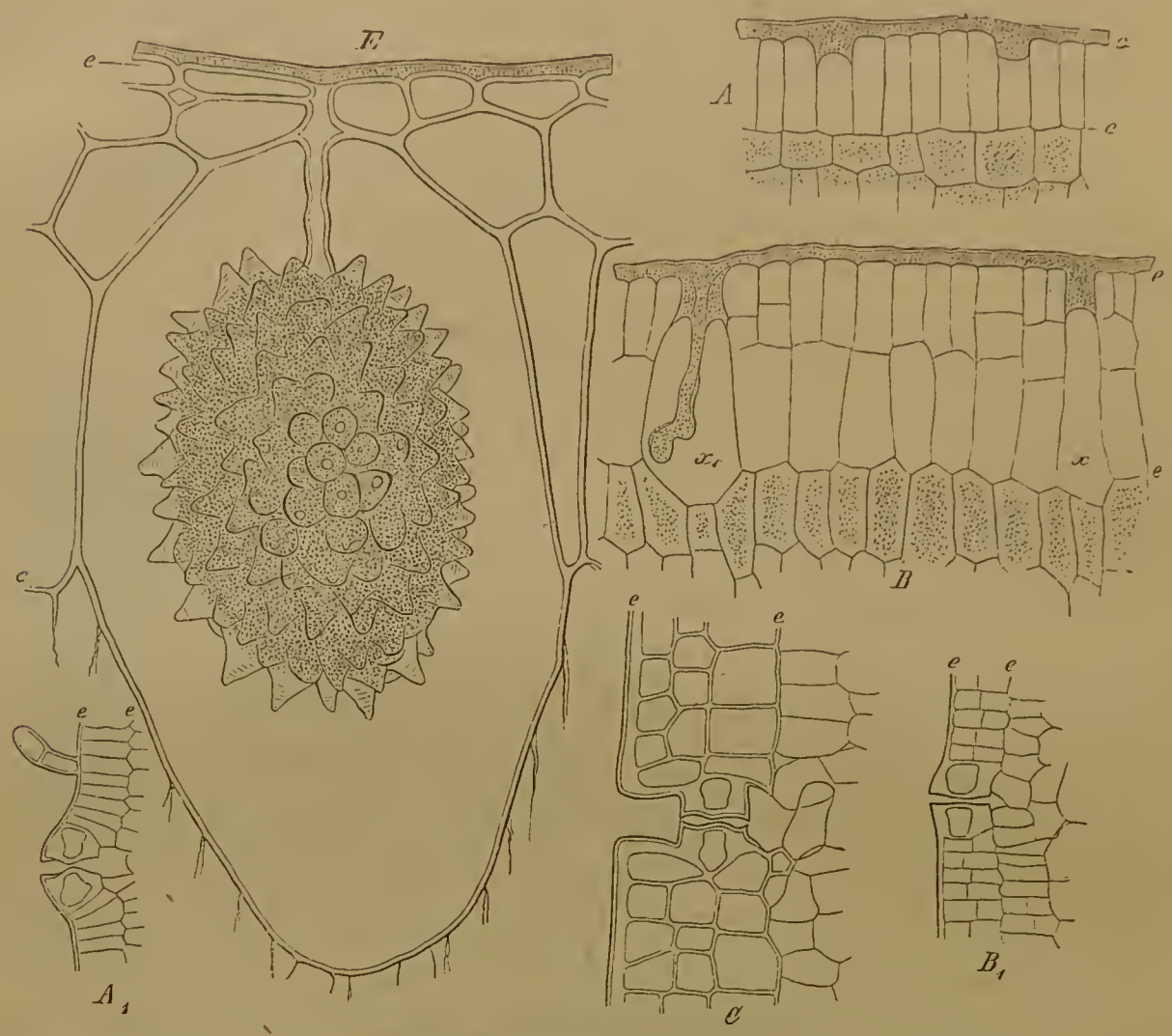


Fig. 33. – Formación de *cistolitos* en la epidermis de las hojas del *Ficus elastica* (según De Bary). – *A*, en las dos células cistolíticas la pared celular superior se espesa considerablemente; *B*, dos fases de la formación del cistolito en las células x y x^1; *E*, una gran célula conteniendo el cistolito ya formado.

las se divide y subdivide originando varias; pero las dos en que se inició el espesamiento de la cutícula quedan del mismo tamaño, se

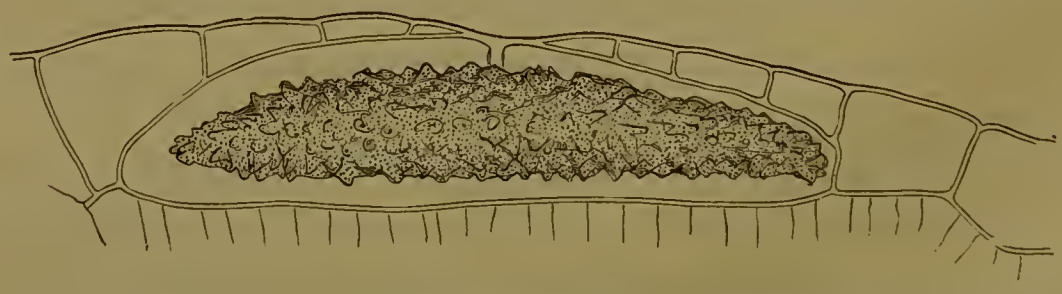


Fig. 34. – Célula con un cistolito, en la *Boehmeria platyphylla* Don et Hamilt., según De Bary $\left(\frac{225}{1}\right)$

agrandan más tarde, y en su interior aparece una prolongación de celulosa que ha de ser el suspensor del cistolito (fig. 33 *B;* célu-

las x y x^1). La extremidad del suspensor aumenta su volumen y sobre la celulosa que le constituye se precipitan cristales de carbonato de cal hasta formar una masa de gran tamaño, ovoidea, que aparece como colgada en el interior de una célula, enorme con relación á las demás que le rodean.

La parte orgánica del cistolito se halla formada de capas concéntricas semejantes á las que espesan la membrana celular; la parte cóncava de estas capas está dirigida hacia la superficie epidérmica.

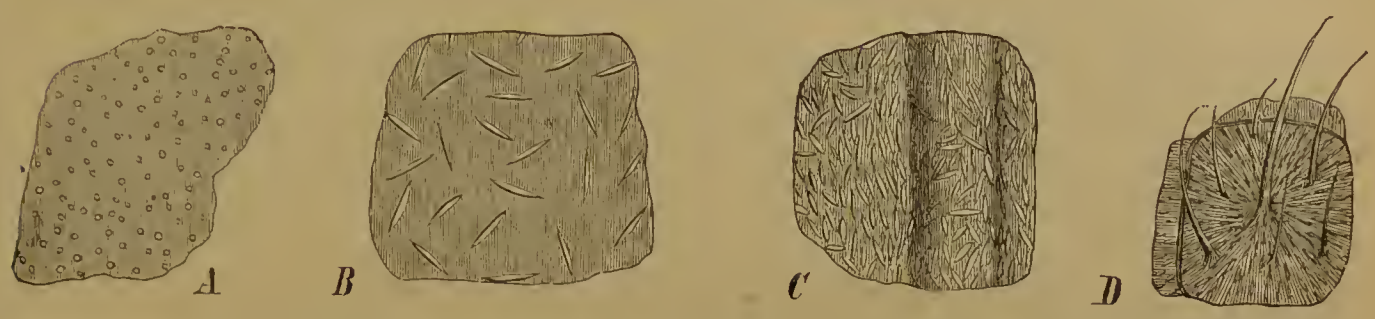


Fig. 35. – Cistolitos de urticáceas. Secciones de hojas vistas con algún aumento (según Weddell). *A*, *Laportea gigas* Wedd; *B*, *Pellionia Heyneana* Wedd; *C*, *Pilea nutans* Wedd; *D*, *Myriocarpa densiflora* Don et Hamilt.

Son frecuentes los cistolitos en las urticáceas y tienen formas muy diversas; en la *Boehmeria platyphylla* (fig. 34) son naviculares ó semilunares y se hallan dispuestos transversalmente, siendo las células que les contienen muy alargadas en sentido horizontal. Con algún aumento se pueden observar en las hojas de las urticáceas estas formaciones minerales cuando existen en gran número (figura 35).

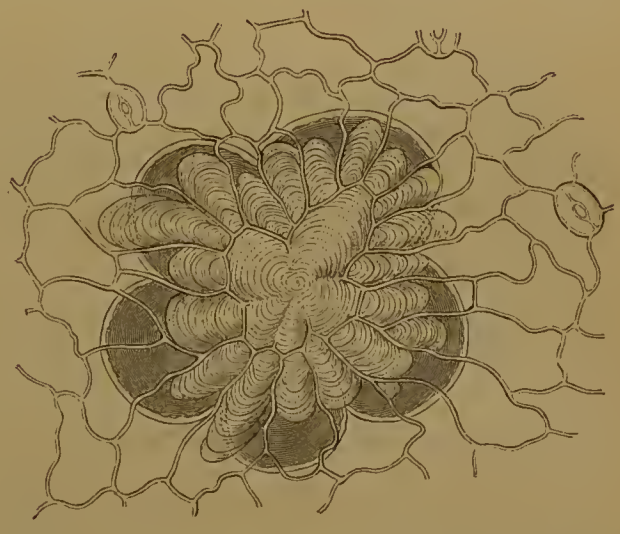


Fig. 36. – Cistolito compuesto de *Momordica echinata* Willd. (según Penzig).

Algún autor moderno (Penzig) ha considerado como *cistolitos compuestos* las curiosas formaciones descubiertas en algunas células de las hojas de una cucurbitácea, la *Momordica echinata* (fig. 36); en ellas se destaca muy bien la disposición en capas concéntricas de la parte celulósica, disposición que recuerda á primera vista la de los granos de fécula con cuya estructura es posible tenga alguna relación el cistolito mencionado.

V. — CUERPOS GRASOS

No sólo por la abundancia sino por la misión fisiológica que desempeñan, son las grasas producidas en los vegetales cuerpos ternarios que siguen en importancia al almidón y á la clorofila.

La Química considera á las grasas como éteres ó glicéridos formados por la unión de la glicerina á los ácidos de la serie acética y oleica. Los compuestos grasos más frecuentes en los organismos son la estearina, la palmitina y la oleina, en los estados de *tristearina*, *tripalmitina* y *trioleina*.

La misión de estos cuerpos en la vida de los vegetales es algún tanto complicada y no bien conocida. En el protoplasma hay algún elemento que emulsiona las grasas; puede haber también elementos que las saponifiquen. En unos casos se presentan como productos de desasimilación; en otros, y esto es lo más frecuente y de mayor importancia, son materiales de reserva y se acumulan ya en la semilla para nutrir al embrión, ya en las partes más activas de los vegetales.

Tres clases de cuerpos grasos se reconocen en las plantas: los aceites, las mantecas vegetales y las ceras; indicaremos de cada uno lo que merezca consignarse en una obra de esta índole.

Aceites grasos. — Se hallan en el interior de las células bajo la forma de gotitas redondeadas que al microscopio aparecen envueltas de un cerco sombrío, de tamaño variable, pues mientras las unas se aperciben desde luego, á otras sólo las denuncia el empleo de los reactivos.

A la temperatura ordinaria son líquidos; sin embargo los hay que se solidifican rápidamente *(aceites secativos)* y los hay que se solidifican con dificultad *(aceites fijos)*. Este carácter, la solubilidad mayor ó menor en el alcohol, el color que toman con el ácido nítrico, son medios empleados para distinguirlos.

Todas las partes de los vegetales pueden contener aceites; son, sin embargo, más frecuentes en las semillas y en el pericarpio de los frutos (olivas, *Elœis guineensis*, que proporciona el aceite de palma). En el albumen le contienen las semillas del ricino, las de

adormidera, *Croton*, etc.; en el embrión, el cacahuete, la colza, las avellanas, nueces, almendras, etc., etc.

Gotas de grasa acompañan casi siempre á los gránulos de aleurona.

Algunos autores han creído que los aceites grasos pueden derivar en el organismo por transformación de los hidrocarburos.

Los aceites acumulados en el embrión, en el albumen y en las esporas de las criptógamas, cuando la germinación se inicia pasan de la inacción á la actividad, se desdoblan en glicerina y ácidos grasos; ambos cuerpos sufren una serie de transformaciones aún no bien conocidas y pueden originar hidrocarburos, especialmente almidón.

Son numerosas las especies de aceite que se conocen y grande la aplicación de algunos, ya sea industrialmente, ya en medicina. Podemos recordar el aceite de olivas en primer término, el de almendras dulces, el de palma, el de lino, el de ricino, el de colza, y los de nueces, adormideras, avellanas, cáñamo, cacahuetes, haya y sésamo.

Mantecas. — Son grasas que, á pesar de hallarse líquidas en el interior de las células vivas, cuando éstas mueren, adquieren tal estado de solidez que sólo pueden extraerse mediante el calor y por su consistencia se asemejan á las mantecas de los animales.

Algunas contienen una pequeña cantidad de esencia que les comunica olor característico (manteca de nuez moscada).

Entre las mantecas, como entre los aceites, hay unas que son productos de desasimilación, otras constituyen materiales de reserva. A las primeras pertenece la obtenida de la *Peckea butyrosa*, á las segundas las mantecas de cacao, nuez moscada y coco.

Todavía existen unos cuerpos grasos de consistencia intermedia á los que se denomina por algunos botánicos *sebos vegetales;* citaremos el de la *Stillingia sebifera*, que forma una capa en la superficie de las semillas y que es utilizado por los chinos para hacer velas; el de los frutos maduros del *Cylicodaphne sebifera*, laurínea de Java, es también usado en este país.

Ceras. — Por la semejanza de su aspecto con la cera de las abe-

jas y por su consistencia sólida, han recibido este nombre ciertos productos vegetales contenidos en las membranas de las células ó que tapizan con bastante frecuencia la epidermis de los órganos aéreos. No tienen analogía química con la cera animal ni tampoco se pueden definir químicamente con exactitud; si bien se les considera como cuerpos grasos y algunos son verdaderos sebos vegetales, los hay de composición bastante compleja, mezclas de dos ó tres cuerpos, y contienen frecuentemente una resina.

Funden con facilidad y se disuelven en el agua cuando ésta tiene una temperatura superior á 100°. El alcohol hirviente también los disuelve, pero no el mismo líquido cuando está frío.

Con el nombre de *árboles de la cera* se conocen vulgarmente ciertas plantas leñosas; entre ellas las hay que pueden ser objeto de explotación, pues la cera que se obtiene sirve para los mismos usos que la cera animal. En Europa el árbol de la cera es la *Myrica gale* L. (1); en Cuba la *Stillingia sebifera* Michx.; en la Luisiana la *Myrica cerifera* L.; en los Andes las palmeras de los géneros *Ceroxylon* y *Klopstockia*, etc.

Las membranas celulares formadas de celulosa pura no contienen materia cérea (De Bary); en cambio la contienen cuando se han cuticularizado. Se halla diseminada en partículas pequeñísimas y sólo puede apercibirse hirviendo en el agua trozos delgados de tejido; entónces se disuelve y recoge. Bajo esta forma se ha encontrado la cera en las hojas de *Aloe verrucosa*, *Cycas revoluta*, *Klopstockia*, etc., y en los tallos y ramas de la *Sophora japonica*, del *Acer striatum*, etc.

Sobre las epidermis cuticularizadas se ha observado la cera en las formas siguientes:

1.ª En capas membranosas; pueden ser éstas muy delgadas, un simple revestimiento ó barniz (*Thuja orientalis*), ó muy gruesas y constituídas de sedimentos más ó menos numerosos (*Ceroxylon*).

2.ª En filamentos ó bastoncitos de longitud distinta, rectos unas veces, otras encorvados en cayado hacia su extremidad libre. Es fácil observar este caso en el tallo y las hojas de la caña de azúcar.

---

(1) Esta planta se encuentra en la parte septentrional de la península, pero no tiene talla de árbol sino que es un arbustito de un metro de altura á lo sumo. Vulgarmente se le llama *mirto* ó *arrayán de Brabante*.

3.ª En gránulos; fórmase entonces una especie de cubierta granulosa, cuyos elementos no pasan de una milésima de milímetro, son redondeados y están los unos sobre los otros (hojas de *Allium fistulosum*); pueden hallarse también esparcidos por la superficie de la cutícula (espuela de caballero, vid).

4.ª En masas irregulares granulosas. Este caso es el más frecuente y se observa muy bien en la superficie de las hojas del eucalipto.

El revestimiento céreo es en ocasiones la causa de que presenten aspecto blanquecino las epidermis de hojas y tallos en algunas plantas.

Se creía generalmente que la cera era un producto de transformación de la cutina, pero De Bary afirma que se trata de una secreción, si bien es difícil precisar dónde reside. Mulder ha llegado á creer que las ceras vegetales procedían del almidón. Es muy difícil aclarar este punto, por más que los hechos y el modo de formación parecían inclinar á la opinión primeramente manifestada.

VI. – ESENCIAS, RESINAS Y GOMAS

Aceites esenciales. – Productos volátiles designados con este nombre y con el de esencias, de diversa composición química y caracteres distintos. Tienen gran importancia industrial y médica.

Se les considera como carburos de hidrógeno, que unos tienen la fórmula $C^{20} H^{16}$ (esencia de trementina, de sabina, de clavo, etc.) y otros se formulan $C^{10} H^{8}$, como las de cubeba y copaiba. Se distinguen de los aceites fijos en que dejan sobre el papel una mancha que desaparece por el calor, mientras la mancha que estos últimos dejan es permanente. Tienen olor fuerte y penetrante, agradable unas veces, desagradable otras. Aunque de ordinario son incoloros ó amarillentos, pueden tener coloración verdosa ó azulada. Insolubles en el agua, se disuelven en el alcohol y en el éter; á su vez disuelven á las resinas y á las grasas neutras.

Arden con llama fuliginosa y se oxidan al aire, resinificándose. Hay algunos que contienen azufre; ejemplo, la esencia de ajos, cuya composición es $C^{6} H^{5} S$. Pueden hallarse, entre las esencias, varias que están constituídas por una mezcla de hidrocarburos y

substancias oxigenadas; citaremos entre ellas el alcanfor de Borneo, el del Japón, la esencia de ruda y el alcanfor de menta. Estas esencias oxigenadas son más densas y se les cree compuestas de una parte sólida *(estearopteno)* y otra líquida *(eleopteno)*, cuyas proporciones son muy variables.

En general estos cuerpos se presentan en el estado líquido y su punto de ebullición varía entre 140° y 250°. Les contienen diferentes partes de los vegetales, pero especialmente las flores y los frutos, de los cuales se extraen por expresión ó por destilación. Pueden dividirse en dos grupos: unos se hallan formados en el vegetal (trementina, esencia de limón, etc.), otros se forman en el momento en que ciertos principios, producidos por las células, se ponen en contacto, en presencia del agua, dentro ó fuera del vegetal.

Son cuerpos segregados en células especiales, y á ellos se deben los perfumes de las flores y de los frutos.

Resinas. — Se producen por la oxidación lenta de las esencias al contacto del aire. Se obtienen de los vegetales como producto de la destilación de los jugos que salen por las incisiones practicadas oportunamente. Se hallan disueltas en los aceites esenciales. Son cuerpos sólidos, amorfos, sólo por excepción de estructura cristalina; insolubles en el agua, pero solubles en el alcohol y en el éter, una temperatura poco elevada les ablanda, algunos grados más de calor producen su fusión, y al fundir no se volatilizan; elevando más la temperatura llegan á descomponerse en carburos de hidrógeno, utilizables para el alumbrado.

En presencia de los álcalis, funcionan como ácidos muy débiles, dando lugar á la formación de *resinatos* ó *jabones de resina;* el jabón ordinario del comercio contiene una buena proporción de la resina de los pinos.

Son raras las que existen en los vegetales en estado de pureza (resinas de aloes ó jalapas, etc.); de ordinario se hallan mezcladas y por lo tanto son impuras.

Los químicos distinguen varias clases de resinas; citaremos, entre ellas, además de las resinas propias que hemos descrito, los bálsamos, las gomo-resinas, las oleo-resinas y un producto muy notable y abundante en ciertas plantas que recibe el nombre de caucho.

Bálsamos.—Este nombre reciben las materias resinosas que contienen ácido cinámico ó ácido benzoico. Gerhard considera á los bálsamos formados por la mezcla de un aceite esencial y de una resina; el criterio generalmente aceptado es el primero.

Salen de los vegetales en el estado líquido, pero inmediatamente, con el contacto del aire, se solidifican, cambiando de color y hasta de composición. Los hay que contienen á la vez los dos ácidos antes mencionados, y los hay que sólo contienen uno.

Citaremos, entre ellos, el de Tolú, el de liquidambar, el de la Meca, el del Perú, el benjuí y el estoraque.

Gomo-resinas. – Como su nombre indica, son mezclas de resinas y de gomas. Se les obtiene evaporando los jugos de determinadas plantas. Se hallan en el vegetal, emulsionadas en el agua, en la que no se disuelven sino de un modo imperfecto. Son solubles en el alcohol hidratado; cuando se les trata por alcohol de muchos grados, se separa la resina y se obtiene la goma. Sus propiedades dependen de las que caractericen á los cuerpos que las constituyen. Son también productos de secreción, y entre las más importantes citaremos la asafétida, la goma amoníaco, el opopónax, la mirra y el escamonio.

Oleo-resinas. – Cuerpos mal definidos químicamente, resultado de la mezcla de un aceite esencial con una resina; el tipo de estos cuerpos pueden ser las trementinas de las coníferas. Al salir del vegetal tienen mucha esencia y poca resina; pero por el contacto del aire, parte del aceite esencial se evapora, parte se resinifica, y la resina resulta al fin y al cabo en mayor proporción.

Son estos cuerpos insolubles en el agua, solubles de ordinario en el alcohol y en el éter. Las más empleadas en la industria y en la medicina son las de las coníferas y las llamadas *aceites de palo*, que se obtienen de diferentes especies del género *Dipterocarpus*.

Caucho.—Es un carburo de hidrógeno que se presenta en el protoplasma de ciertas células especiales, en pequeños glóbulos sólidos que dan al contenido un aspecto lechoso. Dejando reposar este jugo lechoso, que se obtiene de incisiones practicadas en dife-

rentes árboles, se precipitan los glóbulos en una masa amorfa, elástica, que es el caucho.

Las plantas de que se obtiene son: el *Ficus elastica* en la India, los árboles del género *Hevea* en el Brasil y en las Guayanas, la *Siphonia elastica* en otros puntos de América.

Cuando puro, el caucho es blanco, pero cambia de coloración fácilmente. Es insoluble en el agua, se hincha en el éter y se disuelve en el sulfuro de carbono, en el cloroformo y en la bencina. Arde con llama brillante, y expuesto á una temperatura elevada se descompone produciendo *caucheno* (C^8 H^8), *isopreno* (C^{10} H^8) y *cauchina* (C^{20} H^{16}).

Muy semejante al caucho es la *gutapercha*, que se extrae del jugo lechoso de ciertos árboles del género *Isonandra* y procede especialmente de Sumatra y de Borneo. Los dos cuerpos tienen hoy importantes aplicaciones.

Gomas.—Productos que se hallan en disolución, más ó menos mucilaginosa, en el jugo celular de gran número de plantas (tubérculos de muchas orquídeas, raíz de jabonera, corteza de las cápteas, etc.). Se producen también por transformación de las membranas celulares, del modo que hemos indicado al aludir á la gelificación de éstas (página 57).

Las gomas principales son: la arábiga, la tragacantos y la de nuestros frutales. La primera es producida por las especies del género *acacia;* le constituye principalmente un producto que recibe el nombre de *arabina* ó ácido arábigo y se obtiene acidulando ligeramente con el ácido clorhídrico una solución fría de aquella goma, que después se trata por el alcohol.

La goma tragacantos procede de los *Astragalus;* su principio fundamental es la *tragacantina* ó basorina; es mucilaginoso, viscoso y por desecación forma una masa muy coherente.

La goma de nuestros frutales (cerezos, melocotoneros, albaricoqueros, etc.) está formada por la cerasina, que es un principio isómero de la arabina, no soluble en el agua fría.

De estos cuerpos, los unos son solubles en el agua (tipo la arábiga), los otros son insolubles, y por la acción del agua únicamente aumentan de volumen (tipo la goma tragacantos); la del cerezo es

en parte soluble y en parte insoluble. Todas ellas, bajo la acción de los ácidos, se transforman en glucosa.

El origen de las gomas indicadas es el mismo que el de los mucílagos que gelifican las membranas celulares; el hecho se considera como patológico por lo que á aquéllas respecta; en los *Astragalus*, las membranas celulósicas de la médula y de los radios medulares se transforman en un mucílago que con el agua se hincha mucho, rompe la cubierta y sale al exterior por las hendiduras que el tallo presenta, adquiriendo, con el contacto del aire, la solidez de la goma tragacantos. En los melocotoneros y albaricoqueros se produce la goma hasta en los frutos.

A los mucílagos se suelen referir la viscina y las materias pécticas; la primera es muy abundante en el *vesque (Viscum)* y en otras plantas que como aquélla se utilizan en la vida ordinaria por su naturaleza viscosa. Las segundas existen abundantes en los frutos maduros (manzanas, peras, etc.); bajo la influencia de una diastasa especial se transforma en ácido péctico; se les considera como una combinación de la arabina con otros principios.

VII. – JUGO CELULAR Y SUBSTANCIAS EN ÉL DISUELTAS

Jugo celular. – En el estudio de la célula observamos que apenas adelanta la vida del elemento histológico, en el protoplasma se producen vacuolas (fig. 37) llenas de un líquido acuoso denominado jugo celular; éste gana sucesivamente terreno al protoplasma y llega, en último caso, á llenar por completo la cavidad celular. El número y la amplitud de las vacuolas, la cantidad de jugo, por tanto, dependen de la edad de la célula.

Este jugo es incoloro, pero á veces le tiñen substancias colorantes. Le forma principalmente el agua y tiene en disolución diferentes cuerpos minerales ú orgánicos que proceden de la desasimilación de las substancias albuminoideas ó sirven de alimento al protoplasma. Entre ellos podemos citar la inulina, ya estudiada, algunas gomas, diastasas, peptonas, dextrina, azúcares, etc., que á continuación describiremos.

El jugo celular lo mismo aparece y va ocupando cada vez más espacio, que desaparece expulsado por el protoplasma; esto último

se consigue nutriendo con abundancia á la célula ó artificialmente inmergiéndola en una solución salina ó azucarada.

Desempeña este jugo una importante misión, pero no es absolutamente necesario. Como no solamente se extiende por el interior del elemento histológico, sino que también empapa á la membrana, favorece los cambios ósmicos y ayuda mucho á la nutrición. Además, en el crecimiento de la célula, juega un papel mecánico importante. Su composición es sumamente variable en cada mo-

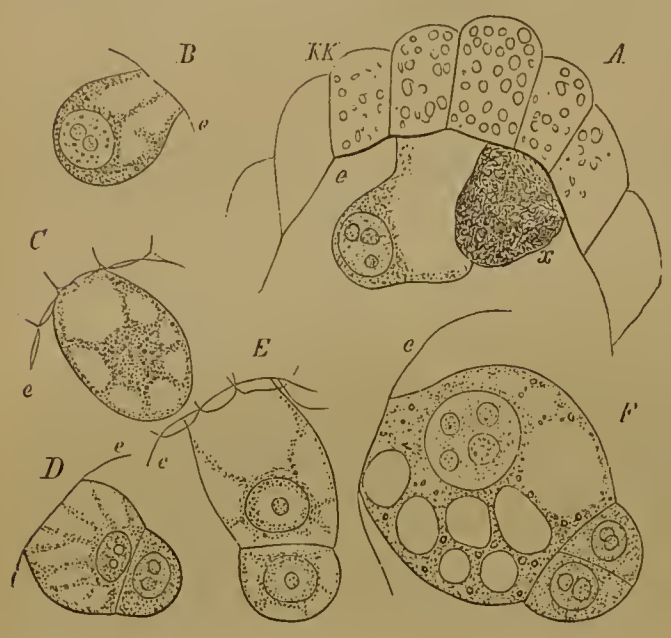


Fig. 37. -- *Hosta plantaginea* Lam. Células embrionarias cuyo protoplasma está invadido por el jugo celular que forma numerosas vacuolas.

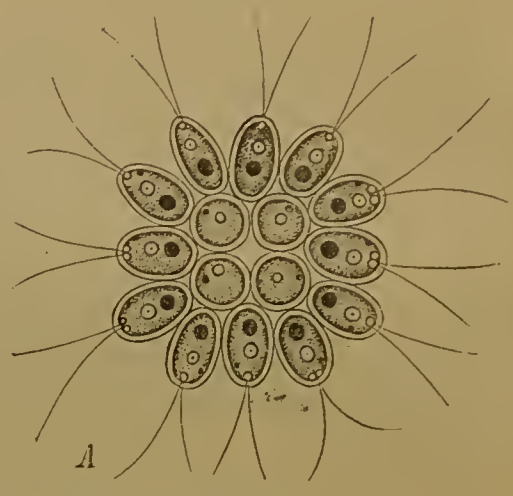


Fig. 38. – *Gonium pectorale* Müll. Colonia de células provista cada una de un núcleo y una vacuola contráctil.

mento y de una célula á otra; como dato general sólo podemos decir que tiene de ordinario reacción ácida. Hay muchas células que carecen de este jugo, desde luego todas las jóvenes; además hay muchas familias botánicas en los grados inferiores de la serie, como son las oscilarias y las bacterias, que no tienen nunca jugo celular.

Entre las vacuolas hay unas que merecen especial mención: son las *contráctiles*, observadas en muchas plantas inferiores (fig. 38); el movimiento se debe á la aparición y desaparición del jugo celular, repetidas periódicamente y á pequeños intervalos. Se ha calculado el tiempo transcurrido entre una y otra pulsación de las vacuolas contráctiles; en el *Gonium maculatum* son muy rápidas: se suceden de diez en diez segundos; en los mixomicetos y en las desmidiáceas son en cambio muy lentas; hay á veces varias vacuolas en una mis-

ma célula. Idéntico fenómeno ocurre en los animales del grupo de los infusorios.

Diastasas. – Son cuerpos azoados neutros, contenidos en el jugo celular, y que tienen de común el desdoblar, en presencia del agua, ciertas substancias ternarias ó cuaternarias; si éstas eran insolubles las vuelven solubles, y obran con tal energía, que una pequeñísima cantidad de diastasa es capaz de transformar grandes cantidades de otros cuerpos.

La que primero se descubrió es la que se designa de ordinario con el nombre de *diastasa* y que ataca al almidón, desdoblándole en maltosa y dextrina; existe en todas las células activas; puede transformar hasta dos mil veces su peso de fécula. Se conocen otras varias; citaremos las más importantes.

La *invertina* obra sobre el azúcar de caña, produciendo levulosa y glucosa. Se descubrió en la levadura de cerveza y se la ha encontrado posteriormente en muchas fanerógamas y en no pocas criptógamas.

La *pepsina* transforma las materias albuminoideas insolubles en solubles; ha sido reconocida su presencia en determinadas criptógamas (bacterias, mixomicetos), en las semillas del lino, cáñamo, etcétera, en algunos latex y en los pelos glandulosos de ciertas plantas carnívoras.

La *saponasa* ataca á las grasas neutras, dando lugar á que se formen glicerina y ácidos grasos.

La *emulsina* tiene menor importancia que las anteriormente citadas; hidrata á la amigdalina de las almendras amargas, hojas de laurel, cerezo, etc., y motiva la formación de glucosa, esencia de almendras amargas y ácido cianhídrico.

La *celulosina* convierte en soluble la celulosa; la *mirosina* se ha encontrado en las semillas de la mostaza, y en diferentes plantas se ha comprobado la existencia de diastasas distintas, cuya acción es más ó menos importante. La presencia de estos cuerpos presta grandes servicios á la asimilación.

Peptonas. – Claro es que si en las células existe la pepsina y existen substancias albuminoideas sobre las que obra, han de for-

marse *peptonas* como resultado de esta acción. Se les ha reconocido, en efecto, en algunos casos; pero su estudio dista mucho de ofrecer datos de interés, porque las observaciones hechas son muy escasas.

Amidas. — Son compuestos azoados que implican un desdoblamiento de las materias albuminoideas más complejo del que supone la existencia de las peptonas. Su misión en el organismo es muy importante; intervienen en las complicadas reacciones de la asimilación como elementos de los cuales puede derivar hasta la albúmina (Low).

Las que más interés ofrecen son: la asparagina, leucina, tirosina y glutamina.

La *asparagina* se formula $C^4 H^8 N^2 O^3$ ó bien

$$\begin{array}{l} NH^2.\ CH.\ CO\ OH \\ \quad\quad\ \ | \\ \quad\quad CH^2.\ COH^2\ N. \end{array}$$

Existe en todas las plantas, en todos los órganos, cualquiera que sea su estado de desenvolvimiento. Se produce á cada momento, pero su existencia es efímera; apenas formada comienzan sus funciones químicas. No obstante se acumula á veces en determinadas células y puede obtenerse este resultado en un órgano cualquiera, destacándole y haciendo que viva algún tiempo á costa de sus reservas alimenticias.

Se precipita y aisla con sólo reblandecer el corte de un tejido por medio del alcohol absoluto, dejando que éste se evapore; aparece en tal caso en forma de cristales prismáticos bastante gruesos, comprendidos en el interior de las células ó depositados en derredor de la preparación; si estos cristales se calientan á 100° pierden el agua y quedan convertidos en gotitas de un líquido que tiene el aspecto del aceite, pero se disuelve con facilidad en el agua. Bajo la acción de este líquido á temperatura elevada ó por el intermedio de algunos reactivos, se descompone, produciendo el ácido aspártico y amoníaco. Así la asparagina como el ácido aspártico se supone que existen en el mundo animal.

Parece comprobarse que esta importante amida es capaz de regenerar los compuestos albuminoideos, para lo cual se combina con los principios ternarios; el caso es que se acumula en grandes pro-

porciones en el jugo celular cuando faltan dichos principios y que inmediatamente desaparece cuando existen.

La *leucina* ($C^6 H^{13} NO^2$) se halla asociada á la asparagina; aislada es una substancia blanca, inodora é insípida, que cristaliza en laminillas nacaradas ó en finos cristales aciculares que á veces forman masas radiadas. Se ha obtenido por síntesis (Limpricht, Hufner). Su misión es idéntica á la de la asparagina. En los animales es más abundante que ésta; proviene de la desasimilación de los albuminoides. En los vegetales existe sobre todo en algunas leguminosas.

La *tirosina* ($C^9 H^{11} NO^3$) se precipita de los tejidos que la contienen, por medio del alcohol, en agujas sedosas, blancas, agrupadas en haces, inodoras é insípidas, poco solubles en el agua caliente y nada en el agua fría, solubles sólo en el amoníaco, ácidos minerales, álcalis y carbonatos alcalinos. También existe en los animales.

La *glutamina* ($C^5 H^{10} N^2 O^3$) es muy semejante á la asparagina; como ésta se desdobla en un ácido, el glutámico ($C^5 H^9 NO^4$) y amoníaco.

Alcaloides. – Cuerpos muy activos, de naturaleza básica, cuya constitución química se ignora; se supone que pertenecen al tipo amoníaco y que tienen composición análoga á la neurina ó á las bases pirídicas ó quinoleicas. Existen en los vegetales, pero nunca puros, sino combinados con diferentes ácidos formando sales.

Funcionan todos ellos como el amoníaco, pueden unirse directamente á los hidrácidos; para combinarse con los oxácidos tienen que tomar un equivalente de agua. La generalidad son sólidos y fijos; en este caso se componen de carbono, oxígeno, nitrógeno é hidrógeno (aconitina, quinina, cinconina, atropina, solanina, estricnina, brucina, morfina, conicina, etc.). Hay algunos alcaloides líquidos que no tienen oxígeno; solamente están compuestos de carbono, hidrógeno y nitrógeno (cicutina, esparteina y nicotina).

De las sales que forman son solubles los sulfatos, nitratos, acetatos y clorhidratos; los ácidos oxálico, agálico y tánico forman con ellos sales neutras é insolubles; por esta causa se emplean como antídotos el tanino, el te y algunos otros productos.

Todos ellos son incoloros y la mayor parte cristalizan; poco solubles en el agua, pero se disuelven en el alcohol; la solubilidad en el éter, en el sulfuro de carbono y en la bencina varía según el alcaloide de que se trate; también se disuelven en algunas grasas, el aceite de olivas entre ellas.

El mejor reactivo, según Schultze, se obtiene vertiendo gota á gota, en una solución de ácido fosfórico, otra de percloruro de antimonio. Este líquido acusa la presencia de $\frac{1}{500}$ de brucina, quinina, atropina, etc., y de $\frac{1}{25000}$ de aconitina, estricnina y nicotina.

En las plantas vivas, se encuentran disueltos en el jugo celular ó en los diferentes líquidos segregados, principalmente en el latex.

La toxicidad de estos cuerpos es muy grande; hay entre ellos venenos violentos; en pequeñas dosis son excitantes unos narcóticos otros.

Dextrina. — Las células activas, principalmente aquellas en que el almidón es influído por la diastasa, contienen siempre diferentes dextrinas, siendo la más común la que propiamente lleva este nombre y resulta de la transformación de las substancias amiláceas. Su fórmula se cree que es $(C^{6}H^{10}O^{5})^{2}$. Lleva este nombre por la propiedad que tienen de desviar á la derecha el plano de polarización de la luz.

Es una substancia amorfa, transparente, de aspecto gomoso, incolora ó blanco-amarillenta; soluble en el agua, con la que forma una materia aglutinante parecida á la goma; es muy higrométrica; se disuelve en pequeña cantidad en el alcohol de pocos grados y es insoluble en el éter y en el alcohol fuerte. El yodo la tiñe de color rojo claro.

La misión que en el organismo vegetal desempeña es muy importante; permite que el almidón, convertido en substancia soluble, vaya de célula en célula, ya para nutrir los elementos activos, ya para concentrarse en determinados órganos formando reservas alimenticias.

Principios azucarados. — Son productos disueltos en el jugo celular, muy frecuentes en los vegetales; se les clasifica en tres grupos: el primero le constituyen la *mannita* y sus isómeros, pro-

pios del mundo vegetal; se caracterizan químicamente por contener un exceso de hidrógeno con relación al oxígeno del agua; su fórmula general es $C^6 H^{14} O^6$; funcionan como alcoholes hexatómicos. Forman el grupo segundo las *glucosas*, que contienen el hidrógeno y el oxígeno en las proporciones del agua, tienen por fórmula general $C^6 H^{12} O^6$ y obran como alcoholes pentatómicos; funcionan como aldheidos de la mannita, de la que difieren por dos átomos de hidrógeno. El grupo tercero está constituído por las *sacarosas*, que resultan de la duplicidad de la molécula de glucosa con eliminación del agua; son, por tanto, glucosas condensadas; no se alteran á cien grados por los álcalis como aquéllas; no fermentan directamente y por la ebullición en los ácidos ó por la influencia de algunos principios orgánicos se desdoblan en dos glucosas isómeras. Citaremos en cada grupo los cuerpos que más nos interesan.

Mannitas. — Así se llaman ciertos líquidos azucarados que exudan de determinadas plantas y contienen azúcares y mannita ó un principio análogo. Esta, que se formula $C^6 H^{14} O^6$, se encuentra abundante en el fresno, en el olivo, en los arces, en los *Tamarix* y en muchas algas y hongos; es muy soluble en el agua; no es susceptible de fermentar directamente en contacto de la levadura de cerveza, pero, en cambio, con otros fermentos produce alcohol, ácido carbónico é hidrógeno. Cristaliza en prismas rectos romboidales, sedosos, que forman masas radiadas.

De la misma composición es la *dulcita*, que se obtiene del ebónimo y cristaliza en prismas romboidales oblicuos, muy voluminosos; lo son también la *sorbita*, producida por especies del género *Sorbus*, y la *isodulcita*, que resulta de las transformaciones del quercitrín.

La mannita del fresno está acompañada de la *fraxina*, substancia que cristaliza en prismas incoloros, astringente, amarga, que se emplea en medicina.

Glucosas. — Nos interesan especialmente la glucosa ordinaria ó azúcar de uva, también llamada dextrosa, y la lebulosa.

La *glucosa* se presenta en un gran número de frutos; aislada es una substancia sólida, blanca, inodora y de un sabor picante que se convierte en azucarado; cristaliza en prismas romboidales oblicuos cuando se precipita de las soluciones alcohólicas; la disuelta en el

agua se deposita en cristales maclados ó en masas mamelonadas, compuestas de láminas cristalinas. También existe en los animales.

La *lebulosa* se encuentra asociada á la anterior en los frutos maduros y en los frutos ácidos. Cristaliza, á pesar del nombre de azúcar incristalizable que se le dió; sus cristales son aciculares, brillantes, muy delicuescentes, solubles en el agua y en el alcohol débil, insolubles en el alcohol absoluto. El sabor es aún más azucarado que en la glucosa. Se produce en las células por desdoblamiento del azúcar de caña, bajo la influencia del azúcar invertido, que es una mezcla de equivalentes iguales de glucosa y lebulosa. Acompaña á la inulina, de la cual puede obtenerse.

Sacarosas. – La más abundante, que se acumula á veces formando un material de reserva, es la sacarosa propiamente dicha ó azúcar de caña; le contienen la remolacha, el maíz, la caña de azúcar, la zanahoria, ciertos arces, etc. Es muy soluble en el agua y cristaliza en grandes prismas romboidales oblicuos, con facetas hemiédricas, fosforescentes en la obscuridad por flotación. Se distingue de la glucosa en que no la reduce el licor cupropotásico. Cierto número de fermentos producen la inversión del azúcar de caña, segregando un producto que se llama *invertina* (Berthelot), desdoblándole en glucosa y lebulosa. Una vez transformada en azúcar invertido, puede sufrir la fermentación alcohólica.

Otro azúcar de este grupo, muy frecuente en los vegetales, es la *maltosa*, que se forma por la acción de la diastasa sobre las substancias feculentas. Se produce también por la acción de los ácidos diluídos sobre la dextrina. Forma cristales muy solubles en el agua, más solubles en el alcohol que los de la glucosa é insolubles en el éter; reduce al licor cupropotásico y fermenta directamente (Musculus y Gruver) en presencia de la levadura de cerveza.

Hay otras sacarosas, pero no tienen la importancia que las citadas, tales como la *melitosa* de los eucaliptos, la *micosa* de los hongos, la *lactosa*, ó azúcar de leche, que es muy importante en los animales superiores y ha sido hallada en los sapotes *(Achras sapota)*.

El origen de los principios azucarados que los vegetales contienen, no se conoce de un modo completo. Seguramente proceden de otras substancias preexistentes, tales como el almidón, la celu-

losa y determinados otros hidrocarburos. Se observa en los frutos, por ejemplo, que antes de madurar son muy feculentos y después muy azucarados, ó que contienen una gran cantidad de principios tánicos, reemplazados después por el azúcar y diferentes ácidos.

Respecto al papel que los azúcares desempeñan en los organismos vivos, podemos citar como dato lo que sucede cuando se cultiva el *Aspergillus niger*, un pequeño hongo microscópico, en el líquido de Raulin, que está formado de azúcar cande, ácido tártrico, sales amoniacales y sales minerales en determinadas proporciones. Al cabo de poco tiempo se observa que ha aumentado de peso el *Aspergillus* una cantidad igual á la tercera parte del azúcar empleado; es decir, tres gramos de azúcar, por ejemplo, han producido próximamente un gramo de la substancia del hongo (Beaunis); siguiendo la observación puede comprobarse que sólo un tercio del azúcar consumido se ha empleado en la formación del tejido de la planta, los otros dos tercios sirven para producir la energía necesaria al trabajo orgánico.

Claro es que este hecho no puede generalizarse á los organismos superiores, pero es suficiente para formar idea de la importancia capital que tiene el azúcar en la biología vegetal. Otros datos pudiéramos agregar que demostrarían la doble misión que desempeña.

Glucósidas. — Son cuerpos que resultan de la unión de la glucosa con los ácidos, con los alcoholes y con los aldéhidos, perdiendo aquélla cierta cantidad de agua. Los unos tienen reacción ácida, los otros neutra, y sometidos á la influencia de ciertas diastasas ó de los ácidos diluídos, se separan los elementos componentes. Se les encuentra con frecuencia disueltos en el jugo celular de gran número de plantas. Citaremos los de más importancia.

La *salicina* se extrae de la corteza del sauce y es una substancia amarga que se presenta en agujas ó láminas brillantes solubles en el agua y en el alcohol, insolubles en el éter y en el ácido sulfúrico, con el que forman un líquido rojo característico.

La *arbutina* existe preferentemente en las hojas del madroñero y del *Arctostaphylos uva-ursi*. Cristaliza en agujas agrupadas; tratada por el ácido sulfúrico diluído ó por la emulsina, se desdobla en glucosa y en hidroquinona.

La *coniferina* se encuentra en el tallo de diferentes coníferas y se la obtiene recogiendo la savia descendente de estas plantas; un litro de savia se calcula que tiene de 8 á 10 gramos de coniferina seca; con la influencia de la emulsina, produce glucosa y alcohol coniferílico.

Citan también los autores: la *floricina*, que se ha obtenido de la corteza del cerezo, el manzano, peral, etc.; la *esculina*, del castaño de Indias; la *saponina*, de las jaboneras, etc.

Taninos. – Cuerpos de reacción ácida débil, que se combinan con las bases formando tannatos y pueden considerarse como glucósidas. Son sumamente frecuentes en los vegetales y se caracterizan porque precipitan las soluciones de gelatina y de materias albuminoideas y comunican á las soluciones férricas una intensa coloración negra, azul ó verde, según los casos; la primera propiedad se utiliza para el curtido de las pieles, pues con éstas forman una combinación rígida é imputrescible; la propiedad segunda es la base de la fabricación de la tinta; por la ebullición en los ácidos débiles se desdoblan en glucosa y ácido gálico.

Abundan especialmente los taninos en las cortezas y en los tallos jóvenes, sobre todo en ciertos *Quercus* que encierran un 16 á 20 por 100; las agallas tienen hasta 26 por 100. Le contienen también en abundancia ciertas hojas y flores (te, brezos, madroñero, etc.), no pocos frutos (nueces, *Acacia*, etc.) y raíces.

Se hallan disueltos en el jugo celular de ordinario, pero á veces se presentan formando gotitas ó pequeñas masas blandas. Hay células, en determinados casos, que pueden considerarse como reservorios de taninos.

La presencia de estos cuerpos en el vegetal suele ser transitoria; apenas formados se transforman. Experimentos realizados con ellos han permitido ver que ciertos hongos les utilizan como alimento, sin que se note influencia alguna nociva en el protoplasma, que más bien se fortifica. En la maduración de los frutos se hace bien sensible la transformación del tanino en glucosa.

Ácidos vegetales. – Cuerpos de composición diversa, que unidos á las bases forman sales distintas y gozan idénticas pro-

piedades generales á las de los ácidos procedentes del mundo mineral.

Son muy numerosos; los químicos descubren á cada paso ácidos nuevos en las plantas ó en los productos vegetales analizados.

Se hallan de ordinario disueltos en el jugo celular, libres ó formando sales diversas.

Acerca de su procedencia y de su misión en el organismo poco puede aventurarse; sabemos que derivan muchas veces por descomposición de las substancias orgánicas, lo mismo nitrogenadas que desprovistas de nitrógeno; conocemos los que se producen en las fermentaciones; unos pueden considerarse como productos de desasimilación y otros facilitan la asimilación de ciertos materiales.

Son más ó menos frecuentes en las plantas: el *ácido gálico* (C^{14} H^{6} O^{10}) contenido en hojas, flores, frutos, semillas, etc.; los ácidos *málico* (C^{8} H^{6} O^{10}), *tártrico* (C^{4} H^{6} O^{6}) y *cítrico* (C^{12} H^{8} O^{14}) que abundan en un buen número de frutos; el ácido *fórmico*, de composición sencilla (C H^{2} O^{2}), al que deben su picor los pelos de la ortiga y otras plantas; el *acético* (C^{2} H^{4} O^{2}), hallado en bastantes embriones; el *benzoico* (C^{7} H^{6} O^{2}), del benjuí, vainilla, etc.; el *alfa-orsélico*, que se extrae principalmente de los líquenes del género *Roccella* (orquillas); el *aspártico* (C^{4} H^{7} NO^{2}), formado á expensas de la asparagina y que puede dar lugar á la producción de substancias albuminoideas (Löw); el *cafúrico*, derivado de la cafeina, y otros muchos que en las obras de Química orgánica se describen.

CAPÍTULO TERCERO

VIDA DE LA CÉLULA

I. — FUNCIONES EN QUE SE DIVIDE

Los hechos consignados en los anteriores capítulos denuncian que la célula vegetal es asiento de complicadas reacciones químicas, de grandes cambios moleculares que suponen una vida activísima.

En la teoría celular dominante, se considera á la célula como individuo orgánico, porque aparte las funciones con que contribuye al sostenimiento del organismo, nunca deja de desempeñar funciones propias; realiza una vida individual á la vez que una parte de vida colectiva.

El concepto es perfectamente exacto, y lo prueba así el que existan no pocos protofitos que están formados exclusivamente de una célula. Este elemento histológico fundamental es en realidad un protoorganismo; aunque la diferenciación sea muy pequeña, como órganos distintos pueden mirarse la membrana y el núcleo, aquélla especialmente encargada de ciertos actos que se relacionan con la nutrición, y éste con funciones reproductoras en otro lugar descritas. Existe en la célula, por tanto, división orgánica y funcional; reune los caracteres de un organismo aun cuando sea en el grado mínimo.

Las funciones que se bosquejan son las fundamentales de la vida, que pueden descomponerse en actos de nutrición, actos de reproducción y actos de relación

Con el incesante cambio molecular que el protoplasma experimenta, la renovación de la materia es indispensable, y esta necesidad da por resultado una *asimilación:* en las reacciones químicas se forman productos que no pueden ser asimilados y entorpecerían la vida de la célula si en ella se almacenaran; estos productos forzosamente han de ser *desasimilados:* en las células vivas no acostumbran á formarse depósitos sino de substancias asimilables que sirven como reserva alimenticia; en las células muertas, en cambio,

se depositan, en abundancia á veces, los productos de la desasimilación.

La existencia de organismos celulares implica el que las células se reproduzcan y esta reproducción puede tener lugar por varios procedimientos.

No se concibe tampoco la vida de una célula aislada, de una de esas algas monocelulares, sin relación y sin medio de contrarrestar las influencias externas que le perjudiquen. La vida de relación puede observarse en muchas algas y hongos formados de una célula, que se mueven, ya por contracciones de la masa protoplásmica, ya por la acción de cirros vibrátiles, en mayor ó menor número. Pero como todo lo que al movimiento y á la sensibilidad de la célula se refiere es debido al protoplasma, y al estudiar éste nos hemos ocupado de ello, indicaremos solamente en este lugar los hechos de mayor importancia que se refieran á la nutrición y á la reproducción.

Células artificiales. — Se ha pretendido construirlas valiéndose de membranas orgánicas, de láminas de colodión, papel apergaminado, etc., sin lograr la semejanza necesaria, porque estas últimas se hallan frecuentemente llenas de agujeritos que favorecen la penetración de las substancias exteriores, lo que no sucede en las cubiertas de las células.

Mejor resultado dan las membranas que se forman por precipitación química. Débense á Ascherson y Traube notables experimentos con células artificiales, que no sólo reproducen la morfología, sino el funcionalismo de la célula vegetal. Las formaron estos autores mezclando, ó mejor, dejando caer un cuerpo coloideo en una solución de otro que precipite al primero; se forma en la superficie del cuerpo coloideo una membrana al través de la cual tienen lugar los fenómenos de dialisis con exactitud, y se verifica el crecimiento de la masa interna, como se verifica el del protoplasma.

Monnier y Wogt llegaron á reproducir artificialmente todos los detalles de la estructura y de la vida celular, consignando sus observaciones en el *Journal de l'Anatomie*, de Robin (1882).

Las células artificiales más comúnmente estudiadas son las que se forman de tannato de gelatina; se les prepara mojando una va-

rilla de vidrio en una solución de gelatina densa sometida durante treinta y seis horas á la ebullición; se deja desecar la gota en la extremidad de la varilla unas cuantas horas y se sumerge luego en una disolución de tanino al 2 por 100; pasados algunos minutos, en la superficie de la gelatina se forma una capa de tannato de gelatina, que es atravesada por el agua, produciendo el aumento de volumen de la substancia interna y el aumento de espesor de la cubierta por agregarse nuevas partículas de tannato. En pequeñas celdas así formadas pueden repetirse los principales actos de la asimilación celular.

No dejan de tener interés estas observaciones, porque comprueban el marcado sello de actos mecánicos que tienen las funciones que realiza la célula en su vida.

II. — ASIMILACIÓN Y DESASIMILACIÓN

Los productos introducidos en las células pueden ser minerales ú orgánicos; sean los que fueren, se opera siempre en el protoplasma una síntesis química que da por resultado la constitución de la materia protoplásmica ó nuclear, á cuyo trabajo se denomina *asimilación*. Ésta depende naturalmente del medio en que la célula viva, y aun puede realizarse sin necesidad de trabajo orgánico cuando se toma la substancia protoplásmica, ya formada, de otra célula. Resultado de la asimilación es el aumento de materia interna, y por lo tanto el crecimiento celular.

La labor vital exige un movimiento contrario; los compuestos albuminoïdeos desdoblándose producen cuerpos cada vez más sencillos; esta descomposición química, este trabajo de análisis opuesto al de síntesis, es el que recibe el nombre de *desasimilación*.

Hay entre estos dos actos diferencias, tanto físicas como químicas, que les convierten en antitéticos. La asimilación, partiendo de compuestos sencillísimos, llega por gradaciones sucesivas hasta constituir los principios albuminoideos; la desasimilación implica un movimiento químico contrario, parte de las substancias proteicas y llega descendiendo hasta los más sencillos cuerpos. En la asimilación se producen compuestos cada vez menos oxigenados, supone una serie de reducciones; en la desasimilación, por el contrario, los

cuerpos que se derivan tienen mayor cantidad de oxígeno, es pues una serie de oxidaciones. Como toda síntesis consume una cantidad determinada de energía y todo análisis pone en libertad la fuerza consumida en la síntesis, la asimilación celular exige un gran consumo de energías recibidas del sol, sin cuya influencia no puede realizarse, y la desasimilación produce fuerza, que si es considerable trasciende al exterior.

Ambos movimientos son de todo punto indispensables para la vida celular.

El exceso de asimilación ha de dar por resultado el crecimiento de la célula; no siempre se opera esto de un modo directo, sino que precede al aumento de volumen la formación de una reserva alimenticia; las substancias elaboradas con exceso forman materiales de reserva, el crecimiento las consume. Hay en estos fenómenos cierta alternancia; las células de *Spirogyra* durante el día no crecen ni se dividen, asimilan y almacenan; durante la noche, en cambio, la asimilación se suspende y tiene lugar la reproducción y el crecimiento.

Es muy difícil puntualizar la índole de las reacciones que en el interior de la célula se producen y que dan por resultado inmediato la asimilación de los elementos distintos que forman al protoplasma. Recogeremos, sin embargo, algunos datos que consignan los fisiólogos modernos, datos que han de ampliarse al estudiar las funciones de nutrición en el conjunto de la planta.

Todas las células vivas asimilan el nitrógeno, sea cualquiera el estado en que se encuentren; este elemento químico es absolutamente necesario y su asimilación se considera como propiedad general del protoplasma. No le toman las células directamente, sino de un modo indirecto, absorbiendo ácido nítrico y amoníaco en forma de nitratos y de sales amoniacales.

El ácido nítrico sufre una reducción; motiva, tras de algunos cambios, la formación de amidas *(asparagina, leucina* y *tirosina)* y de éstas derivan ulteriormente las substancias albuminoideas. Para este trabajo sintético es preferible el ácido nítrico al amoníaco; le prefieren por lo menos la mayoría de las fanerógamas. A muchos hongos les es indiferente uno ú otro cuerpo y la levadura de cerveza prefiere el amoníaco.

Artificialmente se ha abreviado el trabajo sintético alimentando á las plantas con amidas. Los experimentos se han hecho con el maíz, la avena y diversos hongos.

El carbono le asimilan las células á la vez del hidrógeno y del oxígeno; se conoce el medio de que ordinariamente toman las plantas aquel elemento químico fundamental, se sabe también que sólo por intermedio de la clorofila puede operarse la descomposición del ácido carbónico de la atmósfera y la fijación del carbono, igualmente es sabido que del primer trabajo sintético, con los elementos del agua y el carbono se forma el almidón, habiendo un gran desprendimiento de oxígeno; pero todos estos actos son efecto de la acción de la luz sobre los órganos que contienen clorofila, y aun cuando las reacciones tengan lugar en el interior de las células, más es función social la clorofílica que no individual, propia del organismo de la planta, mejor que exclusiva de la célula. Las células que viven en libertad, generalmente carecen de clorofila, y en su interior las funciones que se operan tienen caracteres que les aproximan á la fisiología de los animales más que á la de los vegetales.

Con los materiales de reserva, como con otros productos externos, la célula verifica una verdadera digestión; para esto dispone de las diastasas que transforman en solubles los elementos hidrocarbonados que no lo son y las peptonas susceptibles de hacer asimilables las substancias albuminoideas.

Los cuerpos que resultan de la desasimilación pueden, previas algunas transformaciones, convertirse en substancias asimilables; si esto no sucede han de ser forzosamente eliminados. Generalmente se denominan *substancias plásticas* á las que contribuyen al crecimiento de la célula, como el almidón, las glucósidas y los cuerpos grasos; *substancias eliminadas* son las gomas, resinas, esencias, ciertas materias colorantes, determinados ácidos, etc.

III. – GÉNESIS Y MULTIPLICACIÓN DE LAS CÉLULAS

Entendíanse como medios distintos de génesis celular lo que se denominaba la formación endógena y la formación exógena, intra ó extracelular. En la actualidad se desecha esta división, puesto que en la génesis de las células no puede decirse que existan actos

exteriores ni actos internos á los que exclusivamente se deba el resultado; en el caso que dió lugar á la admisión de génesis intracelular, tan bien definido al parecer en el saco embrionario de determinadas fanerógamas, fácil es demostrar que se trata de un caso especial de segmentación del núcleo y del protoplasma, que es, en último caso, el principal agente de todas las funciones celulares.

Distinguiremos en la formación de células nuevas los siguientes modos: por renovación del protoplasma, por gemmación, por segmentación y por conjugación.

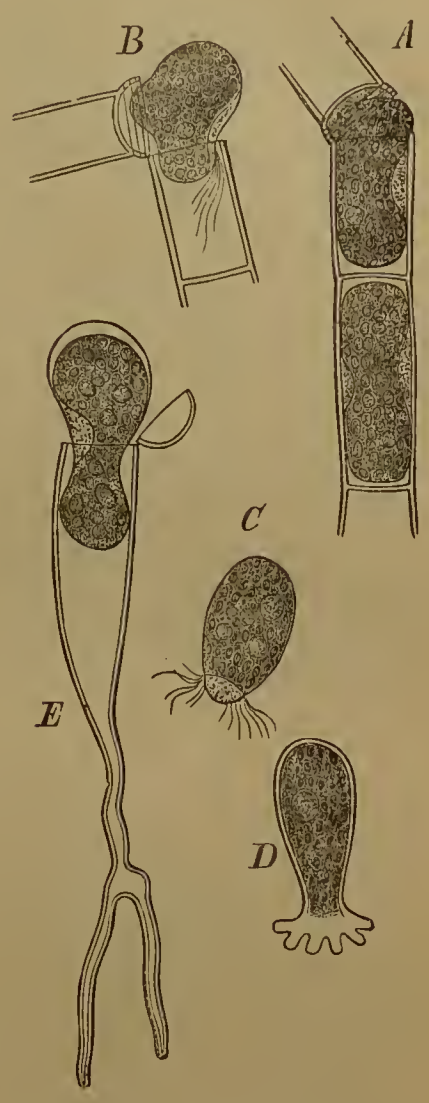


Fig. 39. – Formación de zoosporas en los *Œdogonium* (según Pringsheim). *A*, Condensación del protoplasma y ruptura de la membrana; *B*, salida de la zoospora con su corona de cirros; *C*, zoospora libre; *D*, la misma fijándose; *E*, renovación total en un *Œdogonium* joven para formar una zoospora.

Renovación del protoplasma. – Es un fenómeno que se repite con alguna frecuencia en las criptógamas; una parte del protoplasma de la célula, ó todo él, abandona la antigua membrana que le envolvía y libre de ella segrega otra constituyendo una célula nueva.

Se ha llamado también á este fenómeno *rejuvenecimiento*, y quizá esta última palabra es más propia, pues el protoplasma antes de romper la cubierta que le envuelve y abandonar su residencia antigua, experimenta una serie de cambios y adquiere actividad y energía, rejuvenece en una palabra; en cambio sólo se renueva la membrana celular.

Cuando todo el protoplasma contribuye á la formación de la nueva célula, el acto se llama *renovación total*, y *parcial* cuando sólo una parte del protoplasma se separa.

La renovación total aparece bien clara al formarse las zoosporas en los *Œdogonium*, según muestra la figura 39. Comienza el protoplasma por condensarse expulsando una parte del jugo celular, abriéndose después la envoltura de la célula como en A; al mismo tiempo adquiere una corona de cirros vibrátiles, y dotado de ellos sale al exterior (B) en la forma C. La zoospora se mueve

durante un tiempo variable en el agua, valiéndose de los cirros, y llega un momento en que se fija de la manera indicada en D, alargándose y produciendo una plantita filamentosa. La renovación es todavía más palpable en E, donde un *Œdogonium* joven pierde por completo todo su protoplasma para formar una zoospora que sea el germen de una nueva alga.

Hechos de la misma índole tienen lugar en las *Vaucheria*, en ciertas fucáceas, en algunas saprolegniáceas, etc.

La renovación parcial es un fenómeno que puede estudiarse en la formación de los anterozoideos de las criptógamas vasculares, y aun al formarse las oosferas en las peronosporeas y en determinadas saprolegniáceas. En las primeras comienza por desaparecer el núcleo en la célula madre del anterozoideo, redisolviéndose en el protoplasma; de éste se separa una parte que forma una especie de cinta y el resto queda unido á ésta, que es la que constituye el anterozoideo.

Gemmación. – Este caso ocurre cuando en una parte de la célula se produce un abultamiento, distendiéndose la membrana al empuje del protoplasma; crece el abultamiento hasta adquirir próximamente el tamaño de la célula madre, y llegado este caso se separa para constituir una célula nueva.

Es fácil observar la gemmación en la levadura de cerveza *(Saccharomyces cerevisiæ)*, que se reproduce profusamente por este procedimiento. Del mismo modo se forman las ramificaciones laterales en las algas unicelulares, en los micelios de los hongos, etc.

Puede considerarse este caso especial de génesis celular como una verdadera segmentación, y así lo entienden algunos botánicos, que juzgan que cuando existe el núcleo, se segmenta en dos lo mismo que en la división celular ordinaria; no puede considerarse, sin embargo, como resuelta esta cuestión; hay quien cree con Nægeli que el núcleo de la célula madre persiste y se condensa uno nuevo en la célula derivada.

Conjugación. – Se verifica cuando el protoplasma de dos células se une formando una sola; el fenómeno puede realizarse entre células libres ó entre las que forman parte de filamentos celulares

inmediatos. El caso más sencillo es seguramente el que ofrecen los mixomicetos para formar los plasmodios agregados; varias células amiboides se fusionan, se unen, y juntas llegan á constituir una sola. A veces, antes de verificarse la conjugación, las células que han de conjugarse experimentan modificaciones más ó menos sensibles; en la *Ulothrix serrata* el protoplasma de una célula produce dos segmentos hemisféricos que se separan el uno del otro para aproximarse luego y fundirse, dando lugar á un nuevo individuo.

Fig. 40. – Conjugación de las gametas con dos cirros en el *Botrydium granulatum.*

Se realiza la conjugación entre zoosporas dotadas de cirros vibrátiles, y este caso tiene muchos puntos de semejanza con el que ocurre en los animales infusorios. Podemos observarle bien en el *Botrydium granulatum*, en el que las gametas, de dos cirros cada

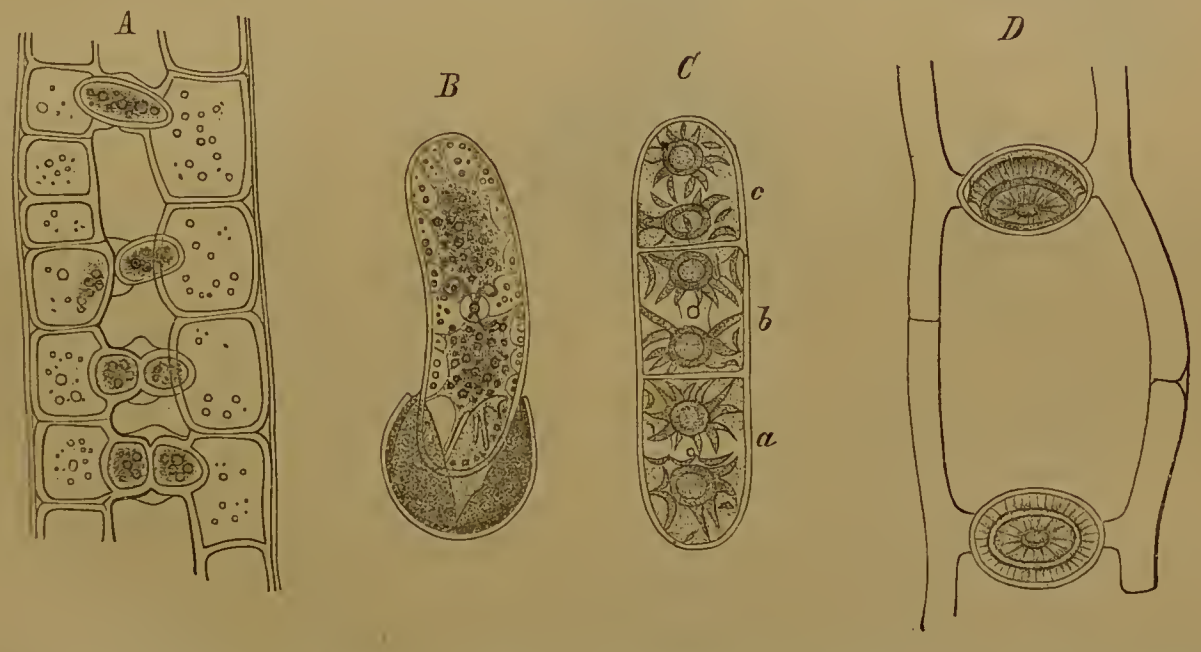


Fig 41. – Reproducción de algas conjugadas. *A*, *Zygogonium didymum* Rab. cuatro estados de conjugación $\left(\frac{390}{1}\right)$; *B*, *C*, Zigospora de *Zygnema leiospermum* De Bary $\left(\frac{390}{1}\right)$; *D*, Zigosporas de *Debarya glyptosperma* De Bary $\left(\frac{190}{1}\right)$ (según De Bary).

una, se conjugan formando zoosporas con cuatro cirros (fig. 40). Idénticos hechos tienen lugar, en multitud de ocasiones, con los gérmenes reproductores de las criptógamas.

Es clásico el caso de las *Spirogyra;* tiene lugar entre células situadas la una frente á la otra, en los filamentos de que aquellas algas se componen; tanto es así, que el grupo en donde se hallan

comprendidas, junto con otros géneros diferentes, ha recibido el mismo nombre que la reproducción; se denominan *algas conjugadas*. La figura 41 indica dos de las formas de conjugación entre células de filamentos distintos; en estos casos se produce en cada célula una especie de canal que permite al protoplasma de ambas reunirse en el centro, mediante el proceso señalado en A, que da lugar á la formación de una zigospora situada como se indica en D; no puede hacerse, cuando la fusión se realiza de esta manera, diferenciación entre los dos filamentos; ambos protoplasmas se mueven y caminan el uno hacia el otro, la zigospora ocupa el centro.

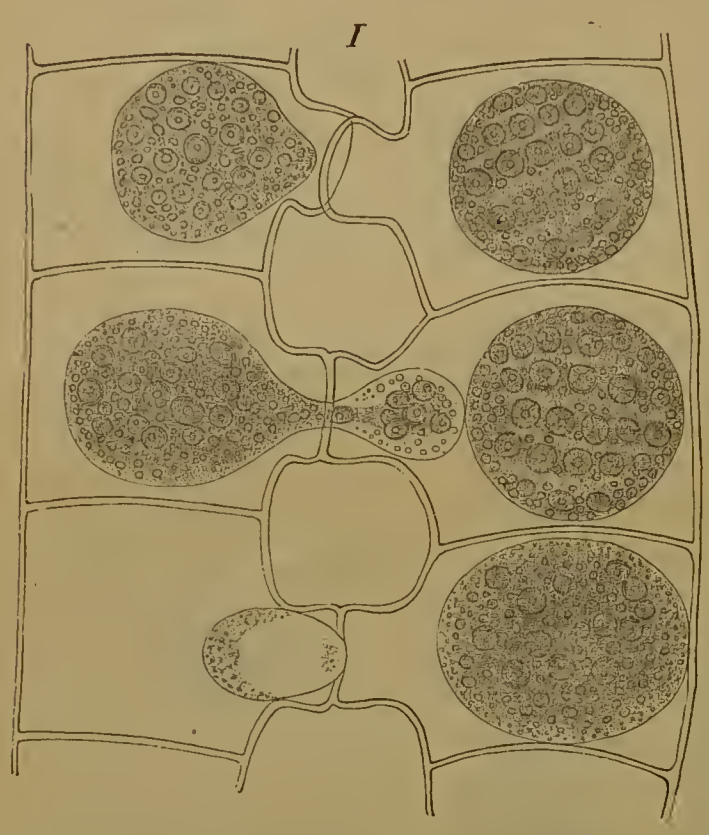


Fig. 42. – Estados diversos de la conjugación en la *Spirogyra Heriana* Næg. $\left(\frac{190}{1}\right)$.

En las especies del género *Spirogyra* (fig. 42), sólo el protoplasma de una de las células se mueve, el otro permanece inmóvil; la conjugación tiene lugar uniéndose ambas células y caminando hacia la una el protoplasma de la otra, que se transforma en zigospora en el interior de la cavidad celular. Se ha convenido en considerar como protoplasma masculino el que se mueve y como femenino el inmóvil.

No cabe duda de que nos hallamos, en el caso anterior, ante un hecho que puede considerarse como la primera manifestación de la generación sexual; la cigospora es un verdadero huevecillo fecundado, que luego por sí solo, con la energía adquirida por la fusión, reproduce el conjunto de la planta. Al través de los actos variados que acompañan á la fecundación de las plantas superiores, siempre el fundamento de aquella función importantísima es una conjugación del protoplasma de una célula macho con el de una célula hembra; desde este punto de vista, la conjugación celular es la forma que liga á la reproducción sexual con la asexual.

Un paso más en el proceso que estamos siguiendo, nos conduce á la diferenciación de filamentos masculinos y filamentos femeninos, al origen de masas protoplásmicas masculinas ó anterozoides y femeninas ú oosferas, y á que en vez de verificarse la conjugación dentro de la planta misma, tenga lugar fuera de ella; un caso bien definido de sexualidad.

Pero todos estos hechos atañen á la reproducción del organismo celular más que á la de la célula aislada, y sobre ello hemos de insistir en lugar más oportuno.

División celular.—Se puede decir que es el procedimiento más frecuente empleado por las células para reproducirse La forma más sencilla es aquella que consiste en dividirse la masa protoplásmica, generalmente desnuda, en varias otras, dando lugar el crecimiento de cada una á que se genere otra igual á la que le produjo. En el interior de los órganos reproductores y en las algas monocelulares, sucede á veces que el protoplasma se divide en dos partes, después en cuatro, y así sucesivamente, hasta formar un gran número de esporos pequeños, al principio poliédricos, que después se separan y redondean, saliendo al exterior cuando la membrana que les retiene se rompe, y resultando otras tantas células iguales á la madre (fig. 43). En estos dos casos, la división del protoplasma es total, pero puede suceder que sea parcial como en las ascas de los hongos ascomicetes, y aun en el saco embrionario de muchas fanerógamas.

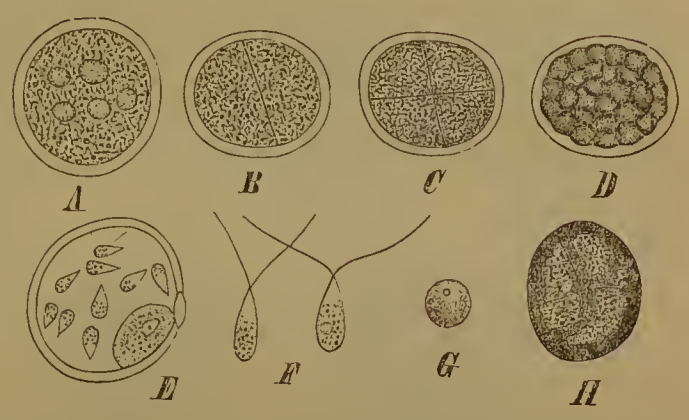


Fig. 43.—*A*, *B*, *C* y *D*, segmentación total del protoplasma en la *Chlorosphæra Alismalis* Klebs.

En el crecimiento de los organismos y en muchos otros casos, tanto en las plantas fanerógamas como en las criptógamas, la división celular no se limita al protoplasma, sino que va acompañada de la producción de tabiques celulósicos, que separan las nuevas células formadas, del modo que aparece en las figuras 44 y 45; en esta última se ve de qué modo las membranas de las células nuevas se distinguen, por su aspecto, de la cubierta externa de la célula ma-

dre. Es lo más frecuente que la división sea una simple bipartición.

En la segmentación celular con producción de tabiques celulósicos, desempeña el papel más importante el núcleo, cuya división precede á la del protoplasma, según pudimos ver en las páginas 47, 48 y 49 y en la figura 10. Apenas el núcleo se segmenta, aparece el tabique celulósico en una ú otra forma, separando los dos núcleos nuevos, en derredor de los cuales el protoplasma se aglomera originando células distintas. En el saco embrionario de muchas fanerógamas, el fenómeno es múltiple, pues son muchos los núcleos, muchos los tabiques que se producen, y por tanto, numerosas las células originadas (pág. 45, fig. 9).

Fig. 44. – División del *Pleurococcus vulgaris.*

Con este proceso de diferenciación, de una simple célula puede

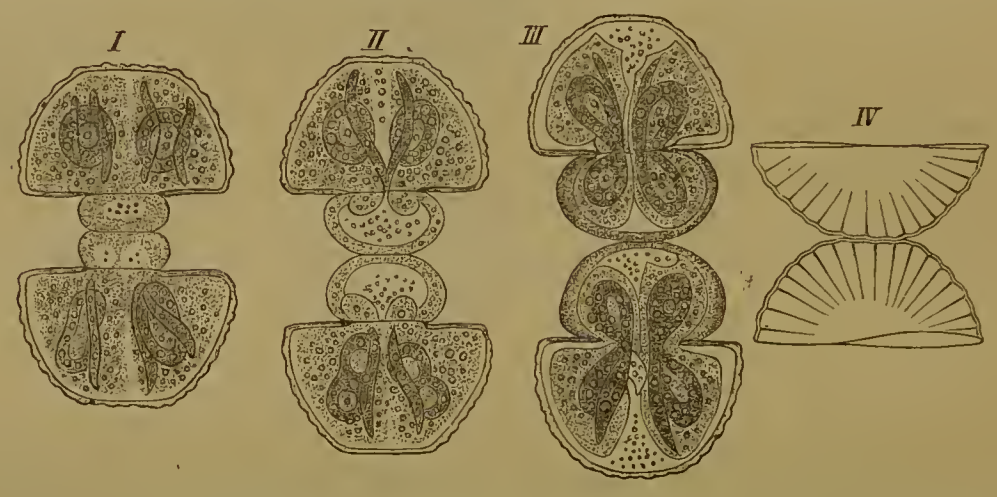


Fig. 45. – *I*, *II* y *III*, fases distintas de división celular en el huevo de *Cosmarium Botrytis* Menegh. *IV*, Membranas de las células nuevas; se distinguen por ser rugosas en la superficie y estriadas en abanico.

resultar un organismo; de una espora, el alga de más elegante porte, y de un huevecillo, el más corpulento de los árboles; por esto la reproducción celular reviste importancia suma, explicándonos el incesante crecimiento de las plantas.

Los hechos vienen á confirmar el fundamento sólido de la teoría moderna que considera á la célula como base de los organismos y á éstos como una asociación de células procedentes de una sola primitiva.

CAPÍTULO CUARTO

TEJIDOS DE LOS VEGETALES

I. – ORIGEN Y CARACTERES GENERALES

Formación de los tejidos. – Muchos protofitos están formados de una sola célula, pero la generalidad de los vegetales son organismos compuestos de multitud de células, entre las cuales hay una división del trabajo que entraña diferenciaciones de importancia; las células distintas constituyen los tejidos diferentes; un *tejido* le forman células semejantes por su forma, por el contenido y por la función que desempeñan. La reunión de tejidos constituye los órganos y éstos á los miembros de los vegetales.

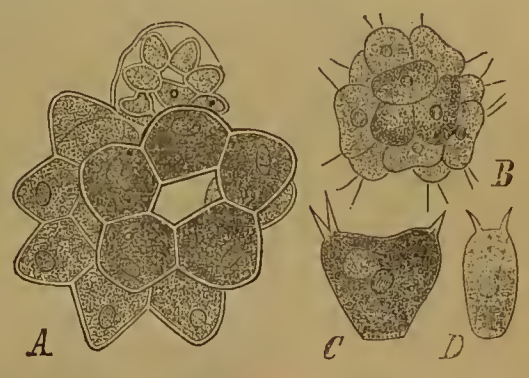


Fig. 46. – Colonias formadas por la asociación de células libres. *A*, *Cœlastrum sphæricum* Næg. $\left(\frac{340}{1}\right)$; *B*, colonia de *Sorastrum spinulosum* Næg. $\left(\frac{300}{1}\right)$; *C*, una célula de la colonia anterior antes de asociarse $\left(\frac{600}{1}\right)$; *D*, una célula después de asociada.

Van Tieghem admite tres modos distintos de formarse los tejidos: 1.º, por asociación de células primeramente libres; 2.º, por división continuada de una célula madre; 3.º, por los dos procedimientos anteriores combinados.

Fórmanse tejidos por asociación de células libres en muy limitados casos; podemos observar este hecho en las algas hidrodíctieas. En los *Pediastrum* (véase fig. 11, pág. 53) el conjunto de la colonia celular resultante de la fusión de células ovaladas forma un disco; al crecer las células se vuelven poliédricas, quedando entre ellas algunos espacios vacíos. En los *Cœlastrum* (fig. 46, A) el conjunto resulta esférico, pero en la esfera hay cavidades y agujeros. En los *Sorastrum* (fig. 46, B) la esfera es cerrada.

El proceso de la formación de estos tejidos es bien sencillo; de una célula madre, por división total del protoplasma, proceden varias otras que viven algún tiempo en libertad y suelen ser de con-

torno redondeado (fig. 46, D; fig. 11, B); poco después se unen, se estrechan y al crecer se vuelven poliédricas (fig. 46, C).

En los *Hydrodictyon* el conjunto de la colonia es irregular; tiene la forma de un saco, con anchas mallas.

En realidad el conjunto formado de la asociación de células libres no es un tejido, es más bien una *colonia* celular.

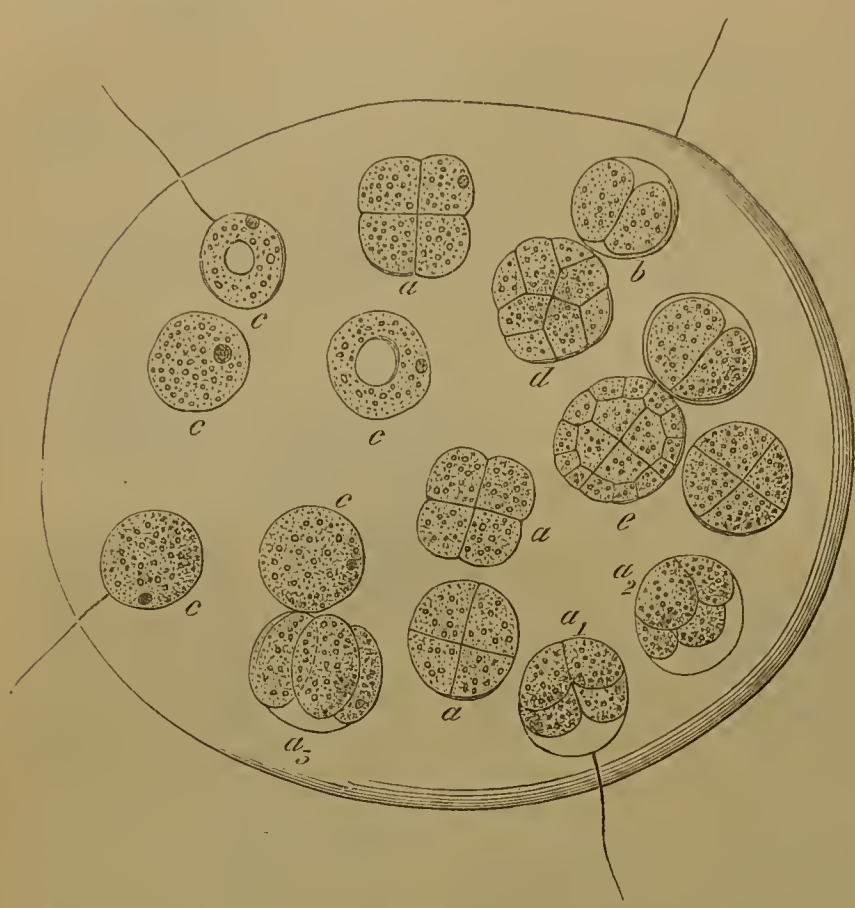


Fig. 47. – *Eudorina elegans*. Colonia en la que se desenvuelven otras quedando unidas en la masa aglutinante que se forma por la gelificación de las membranas (según Gœbel). *c*, células sin dividir; *b*, división en dos; *a*, división en cuatro; *d*, *e*, división más adelantada.

Colonias celulares se originan por un procedimiento que no puede decirse éste por completo comprendido en el caso 2.° de formación de tejidos, ni tampoco en el caso anterior. Le podemos estudiar en la *Eudorina elegans* (fig. 47), en ciertos *Pleurococcus*, etcetera. En estos casos las células se multiplican por segmentación, pero quedan unidas á otras, segmentadas ó no, y entre todas constituyen la colonia envuelta por una materia viscosa que procede de la gelificación de las membranas.

Los tejidos verdaderos tienen su origen en la división celular, produciéndose numerosos tabiques en una célula madre. Las células derivadas pueden disponerse de modos distintos. En muchas algas filamentosas, la madre se divide formándose un tabique perpendicular á la dirección del filamento, y éste se hace cada vez más largo; las células se hallan en una sola fila. En el *Coleochæte pulvinata* la producción de tabiques en la célula madre tiene lugar en todos los sentidos, y así se origina una especie de lámina cuyas cé-

lulas están dispuestas irradiando de un centro común ocupado por la primera célula.

En las plantas superiores, cuando los tejidos se forman derivan también de un solo elemento celular, y las células resultantes suelen variar de forma, no son todas semejantes como en los vegetales inferiores. La producción de tejidos es activa al formarse los embriones (fig. 48) en la terminación de los ramos por donde el vegetal crece, al principio del desenvolvimiento de la planta, donde los órganos se originan ó en los puntos por donde se verifica el crecimiento.

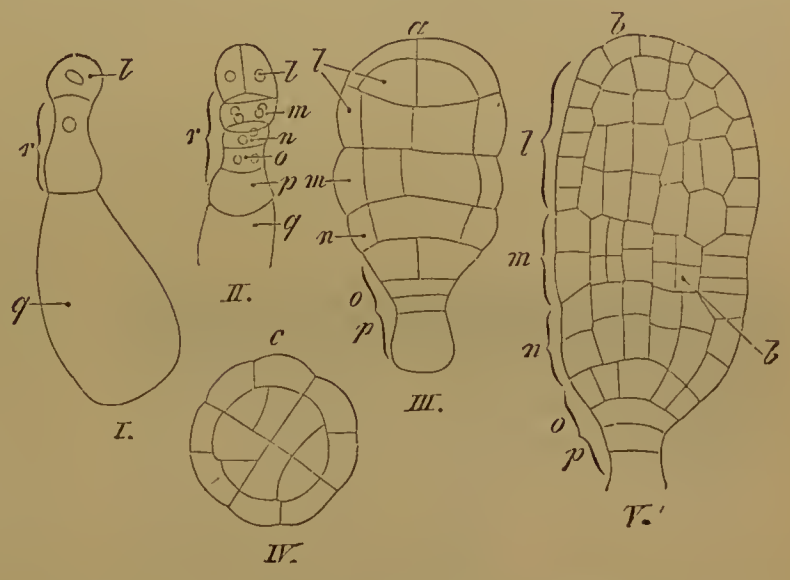


Fig. 48. – Formación de tejidos por división celular continuada, apareciendo numerosos tabiques, en el embrión de la *Alisma plantago*.

Los tabiques de celulosa comienzan á formarse por la aparición de una delgada película que separa las dos células; sobre ella se van luego depositando á uno y otro lado capas distintas que aumentan el espesor del tabique. La lámina media, común á las dos células, se distingue con gran claridad cuando las membranas celulares llegan á lignificarse, gracias á su mayor refringencia.

Hay ocasiones en las cuales los tejidos se originan por combinarse la asociación de células libres con la división celular. Esto último sucede en el *talus* de la mayor parte de los hongos, y muy especialmente en el de los ascomicetos y basidiomicetos, formado de filamentos ramosos que ordinariamente crecen por división de sus células terminales; algunas veces, sin embargo, los filamentos se aproximan, se unen, se sueldan íntimamente y tras de una activa segmentación originan aparatos reproductores, depósitos de substancias nutritivas, etc. (Van Tieghem). Un hecho análogo puede observarse en las fanerógamas, en el tejido central del pistilo cuando éste se compone de carpelos soldados por sus bordes (liliáceas).

Caracteres generales. – Al formarse una agrupación de células puede resultar un tejido continuo, ó por el contrario, originarse

espacios intercelulares; unas veces son estos espacios muy pequeños y se llaman *meatus*, otras tienen igual tamaño que las células y entonces se denominan *lagunas*, y en algunas ocasiones invaden parte del tejido, en cuyo caso reciben el nombre de *cámaras*. Todos estos espacios que interrumpen la ordinaria continuidad del tejido nacen unas veces al formarse éste y otras veces aparecen durante su vida, al principio ó al final de ella. Nunca están vacíos los espacios intercelulares: ó contienen líquidos, ó por lo menos gases. La figujido ra 48 *V* es un buen ejemplo de tejido continuo; la 49 lo es de tediscontinuo.

Los caracteres que los tejidos ofrecen, derivan de la diferenciación que los elementos celulares alcanzan. En su obrita de Biología vegetal Vuillemin admite dos tipos distintos de plantas pluricelulares; el primero es sencillo, tiene la forma que se denomina de *talus;* el segundo ofrece diferenciación histológica mayor y es más complicado anatómicamente. En los talus las células son idénticas, mantienen cierta independencia, tanto más grande cuanto el vegetal es más sencillo.

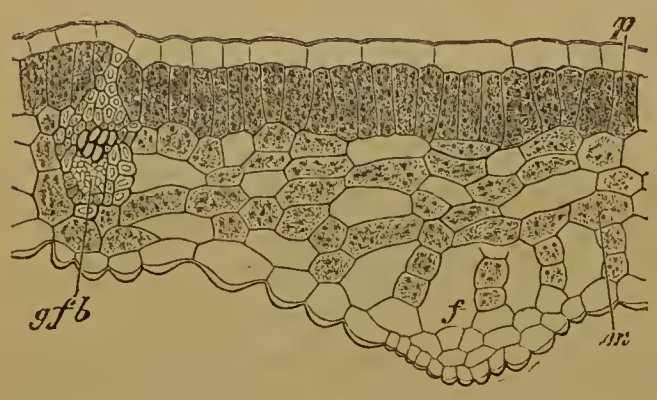


Fig. 49. – Tejido discontinuo de la hoja de *Erythroxylon coca L.*

En las plantas pluricelulares superiores, la célula diferenciándose adquiere sucesivamente diversas formas, dando lugar á tejidos distintos. Hæckel dividía éstos, tratándose de los animales, en dos grupos: *epiteliales* y *apoteliales;* Vuillemin acepta para las plantas la misma división.

El *tejido epitelial* típico, el primitivo, es la epidermis, que tiene por objeto *proteger la parte del cuerpo que limita, sin impedir que penetren en el organismo las substancias útiles, ni detener la salida de las excretadas.* La epidermis sufre modificaciones sin cuento; es unas veces sencilla y otras doble, blanda en ciertos casos y endurecida en otros, lisa ó cubierta de prominencias (papilas, pelos); dependen sus modos de estar de las funciones que desempeñe y la consideración de sus formas es materia que ha de tratarse en la parte especial de este libro.

Los *tejidos apoteliales* que en un principio están formados de células, se diferencian pronto en dos partes que llamaremos activa á la una y pasiva á la otra, advirtiendo que esta pasividad no es absoluta ni mucho menos. La parte activa, abundante en protoplasma, desempeña las más importantes funciones vitales; la pasiva sirve de sostén, forma el armazón de la planta y á lo sumo tiene por misión el dejar paso á los líquidos y á los gases que han de caminar de un miembro á otro. Los elementos de una y otra parte están agrupados formando dos sistemas principales, que tienen por representantes al *parenquima* de un lado y á los *haces fibroso-vasculares* de otro.

En términos generales, se llaman parenquimas los tejidos formados por células superpuestas en series, nunca mucho más largas que anchas, y se conocen con el nombre de *prosenquimas* los tejidos compuestos de fibras y de vasos. En uno y otro caso, si las paredes de los elementos histológicos son muy gruesas y resistentes, el tejido se denomina *esclerenquima.*

Llámanse *tejidos generadores* ó *meristemos* aquellos cuyas células, en plena vida, crecen y se reproducen; *tejidos permanentes* son los formados por elementos muertos ó casi muertos. En los meristemos aún se admiten dos clases: los *primitivos* y los *secundarios* ó derivados.

Conviene advertir que los elementos histológicos fibra y vaso, admitidos por los botánicos, no difieren esencialmente de la célula, son derivados de ésta; la *fibra* es una célula alargada; los *vasos* suelen formarse por ruptura de los tabiques horizontales en una fila vertical de células.

No es fácil hacer una clasificación racional de los tejidos vegetales, que son numerosos; de sus relaciones ya dicen lo suficiente las ideas apuntadas; en el párrafo que sigue describiremos, de un modo general tan sólo, sin determinaciones concretas, algunas formas de tejidos que revisten excepcional importancia.

II. – ESTUDIO DE ALGUNOS TEJIDOS

Meristemos. – Se pueden estudiar examinando detenidamente al microscopio la extremidad de una raíz, de un tallo, de una hoja

ó de un talus diferenciado, que se hallen en vías de crecimiento. Se encuentra en estos puntos una masa de células homogéneas, llenas de actividad, que se dividen y subdividen sin interrupción, están recubiertas de una tenue membrana y formadas por abundante protoplasma granuloso, sin que entre ellas existan espacios ó meatus. El tejido que constituyen es el denominado *meristemo*.

Es indudable que el meristemo tiene muchos puntos de semejanza con las más sencillas agrupaciones de células formadas por segmentación en el talo de las criptógamas; es un tejido primitivo por su sencillez y el primitivo de todos los órganos, pues antes de formarse cada uno de éstos pasa por el estado de masa celular indiferenciada.

En la parte inferior de las capas del meristemo las células son cada vez menos activas y se van distribuyendo en regiones distintas, que forman *meristemos derivados*, tejidos que alcanzan gran complicación á veces. Si el crecimiento del órgano es continuo, á medida que las células meristémicas se diferencian nacen otras en la extremidad; así sucede en la generalidad de los tallos y de las raíces; cuando por el contrario el crecimiento es limitado, llega un instante en que el meristemo desaparece.

Si este tejido primitivo es terminal, la diferenciación se verifica tan sólo en la parte inferior; la región que entonces ocupa lleva el nombre de *punto vegetativo*. A veces los tejidos definitivos se producen á la vez en la parte superior y en la parte inferior; el meristemo aparece entonces intercalado entre aquéllos, y el crecimiento se dice *intercalar* (muchos tallos, la generalidad de las hojas).

Procede el meristemo primitivo ó de una célula madre que se divide y subdivide profusamente, ó de muchas células que no han tenido origen en una común, y aun cuando en este caso aparezca alguna célula terminal ó central no difiere de las otras; el caso primero es el que nos ofrecen la generalidad de las plantas criptógamas, y el segundo es el más frecuente en los vegetales superiores, si bien le presentan algunas plantas inferiores.

Sin entrar en más detalles, porque ellos se refieren al crecimiento de los órganos, el meristemo puede quedar definido por lo que hemos anotado. Es un tejido primitivo, lleno de vida, que sucesivamente produce por diferenciación á los otros de que el ve-

getal se compone. Podremos compararle con el tejido de la mórula en los animales, que luego en la gástrula, desdoblándose en hojas distintas, se diferencia en la serie de tejidos diferentes de que se compone el cuerpo del animal más complicado en estructura. El meristemo es realmente un tejido fundamental.

Tejidos tegumentarios. – La primera diferenciación que en toda masa celular aparece, es la que da origen á un *endoderma* y á un *ectoderma*, una parte interior que realiza sus funciones protegida por una zona externa de células; este es el punto de partida del llamado aparato protector, que en el caso más sencillo se halla formado de una sola capa de células, de una epidermis, y alcanza en los vegetales superiores alguna complicación mayor, diferenciándose en *epidermis*, *hipodermis* y *endodermis*.

El tejido tegumentario que más accidentes presenta, es el epidérmico; su forma más sencilla la ofrecen las talofitas, la más compleja existe en las hojas y en los tallos de las fanerógamas. La epidermis se halla formada por células; en la superficie presenta pequeñas bocas que reciben el nombre de *estomas* y además prominencias que pueden ser *pelos* uni ó pluricelulares y también *glándulas*. Pasaremos revista á cada uno de estos elementos.

Las *células epidérmicas* tienen formas y estructura muy variadas; son, por regla general, tabulares, cúbicas ó prismáticas; en los órganos alargados es mayor la longitud que la anchura. Las que se hallan en más inmediato contacto con el aire atmosférico sufren modificaciones que cuticularizan la membrana y forman la capa protectora que lleva el nombre de cutícula. A veces, en vez de aquella transformación experimentan otras, gelificándose ó incrustándose de materiales diversos.

Bajo la epidermis los elementos histológicos difieren en ocasiones notablemente del resto del parenquima, forman las capas que se denominan hipodérmicas.

En las células de la epidermis el protoplasma suele formar una delgada capa parietal; es incoloro casi siempre y sólo en determinadas ocasiones está teñido por substancias colorantes. En algunos casos contiene gránulos clorofílicos y de almidón. En las plantas acuáticas se desenvuelve la clorofila con preferencia en las células

epidérmicas; las *Zoostera* y *Cymodocea*, que son marinas, sólo en la epidermis encierran la materia colorante verde.

Los *estomas* se hallan formados por dos células epidérmicas que adquieren contorno reniforme y se unen por sus extremidades, quedando hacia la parte interna la escotadura y la convexidad hacia afuera; entre las dos células resulta una abertura que parece un ojal y por la que comunica con el exterior una *cámara subestomática*, situada debajo de la epidermis ó en el espesor de ésta.

Si se examina en el microscopio una lámina de epidermis por la superficie, entre las células se aperciben inmediatamente los estomas, que suelen ser ovales, anchos y sólo por excepción cuadran-

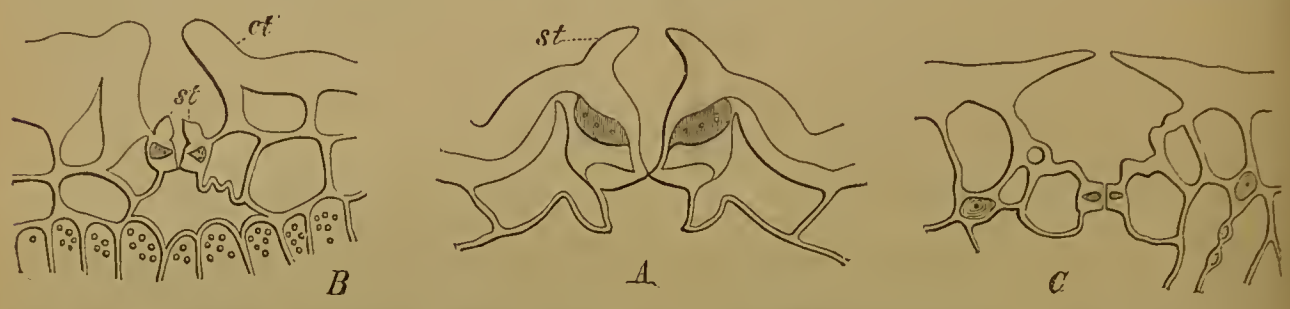


Fig. 50. – Ejemplos de *estomas* (según Tschirch). *St*, células estomáticas; *ct*, cutícula; *A*, en el *Leucadendron decorum* R. Br.; *B*, en la *Franklandia fucifolia* R. Br.; *C*, en la *Hakea cyclocarpa* Endl.

gulares ó triangulares *(Salvinia, Azolla)*; el número varía según las partes que la epidermis recubre y según la función que estas partes desempeñan; el tamaño también suele ser variable, de ordinario son más pequeños que las células de la epidermis; abundan especialmente en el envés de las hojas.

Dando un corte en la epidermis de modo que pase por un estoma (fig. 50), se puede ver la constitución interna de éste. Las dos células estomáticas, ricas en protoplasma y en productos derivados, especialmente almidón y clorofila, situadas bajo la cutícula, dejan entre sí una especie de canal que comunica con el exterior por un lado y por el otro termina en una gran cavidad, rodeada de células del parenquima, cavidad que recibe el nombre de cámara subestomática; el canal se denomina *ostíolo*.

Hay estomas que no solamente tienen cámara sino *antecámara* (fig. 50 *B*). A veces las células estomáticas aparecen protegidas por la cutícula hasta el interior de la cámara; la cutícula puede formar también una especie de reborde externo que se percibe en las superficies epidérmicas.

El estoma se origina por bipartición de una célula epidérmica. Dividido el núcleo de ésta, aparece el tabique divisor; poco después éste se hiende en la parte media, formando dos láminas que se separan poco á poco para formar el ostíolo; interiormente, se forma antes la cámara subestomática. Hay estomas de dos clases: *aeríferos*, que están llenos de aire atmosférico y permiten que éste se filtre hasta las partes más profundas de los tejidos, y *acuíferos*, que

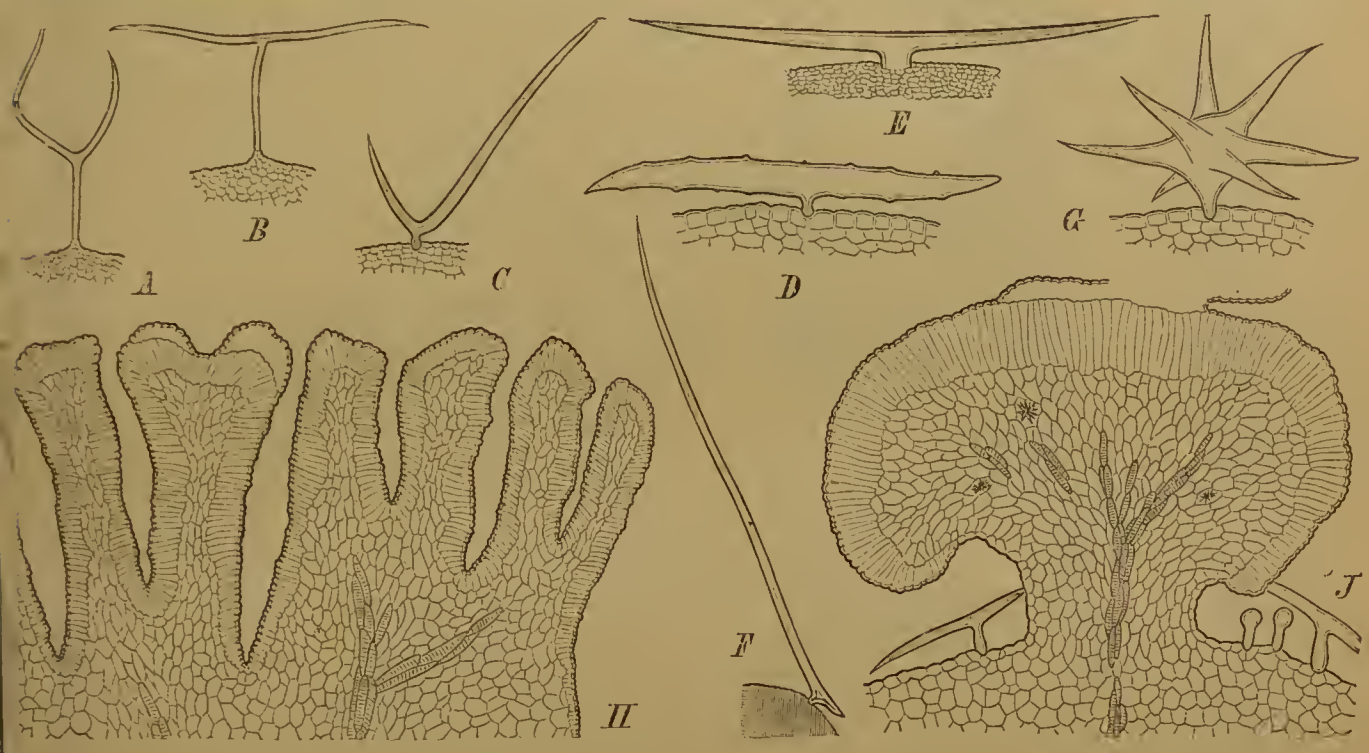


Fig. 51. – Prominencias epidérmicas de *Malpigiáceas*. *A* y *B*, pelos unicelulares de *Peixotoa macrophyla* Gris. $\left(\frac{40}{1}\right)$; *C*, pelo de *Mascagnia cordifolia* Juss. $\left(\frac{100}{1}\right)$; *D*, pelo de *Hiræa chrysophylla* Juss. $\left(\frac{300}{1}\right)$; *E*, pelo de *Malpighia urens* $\left(\frac{15}{1}\right)$; *F*, pelo de *Camarea hirsuta* St. Hil. $\left(\frac{10}{1}\right)$; *G*, pelo de *Tryallis braschystachys* Lindl. $\left(\frac{250}{1}\right)$; *H*, papilas lobuladas de *Lophopteris splendens* Juss.; *J*, papila fungiforme de *Schwannia elegans* Juss.

tienen la cámara ocupada por un líquido que expulsan y se renueva.

Los *pelos epidérmicos* están formados por una célula que se desenvuelve excesivamente en dirección perpendicular á la superficie: si esta célula permanece indivisa, el pelo es *unicelular;* si por el contrario se divide, resulta *pluricelular*.

Las prominencias de la epidermis varían mucho, desde las más simples hasta las papilas complicadas (fig. 51) y las que tienen una misión secretora ó funcionan como depósitos.

La forma de los pelos es variable en exceso (figs. 52, 53 y 54); son raras las epidermis que los tienen de una sola clase (hojas de bromeliáceas, eleagneas, etc.); lo común es que los haya mezclados de diferentes figuras. Hay también pelos interiores.

Cuando jóvenes suelen estar rellenos de protoplasma, como sucede en los estaminales de la *Tradescantia;* después, en unos persiste la substancia protoplásmica, reducida, como en las células de la epidermis, á una delgada capa aplicada á la membrana, el interior está lleno de jugo celular y por lo tanto el pelo aparece transparente; otros se desecan por completo, se llenan de aire y se tornan opacos. Entre los primeros puede haber algunos que contengan clorofila ú otra materia colorante cualquiera, pues tienen la vitalidad de las células más activas.

Fig. 52. – Pelo navicular de una hoja de *Grevillea Leucadendron*. *p*, parenquima; *e*, epidermis; *st*, célula del pelo.

Fig. 53. – Pelos pluricelulares de la epidermis de *Hieracium piliferum*.

A los pelos se deben los tomentos opacos de distintos colores y brillo, que cubren las membranas epidérmicas de diferentes plantas.

Hay *glándulas* que dependen, en efecto, de la epidermis, pero también las hay internas de alguna complicación; por esto los autores aceptan la existencia del tejido glandular, del que indicaremos aparte algunas particularidades.

Como tejido diferente se suele considerar al *corcho*, que reemplaza á la epidermis en muchos vegetales y es producido por una capa generatriz especial que recibe el nombre de *felógena;* ésta suele segmentarse hacia el exterior y hacia la parte interna, produciendo exteriormente el corcho é interiormente un tejido de células llenas de clorofila, que recibe el nombre de *feloderma* ó *corteza secundaria*.

Tejido secretor. – Está formado de células con paredes delgadas, ordinariamente sin modificaciones y por lo tanto sin relieve,

que alineadas pueden llegar á constituir vasos. En estos elementos se acumulan productos de secreción y en ocasiones se forman. Los productos acumulados ó segregados por las glándulas son de composición variadísima: ácido oxálico, tanino, mucílagos, gomas, acei-

Fig. 54. – Pelos de *crotoneas* (euforbiáceas) (de la Flora Brasileña). *A*, *Croton caldensis* Müll.; *B*, *Cr. Urucurana* Baill.; *C*, *Cr. floribundus*; *D*, *Cr. migrans* Casar.; *E*, *Cr. Myrsinitis* Baill.; *F*, *Cr. hemiargyreus* Müll.; *G*, *Cr. salutaris* Casar; *H*, *Cr. ceanothifolius* Baill.

tes esenciales, emulsiones lechosas de diversas substancias que forman el líquido llamado *latex*, etc.

Por la forma que presentan los órganos constituídos de este

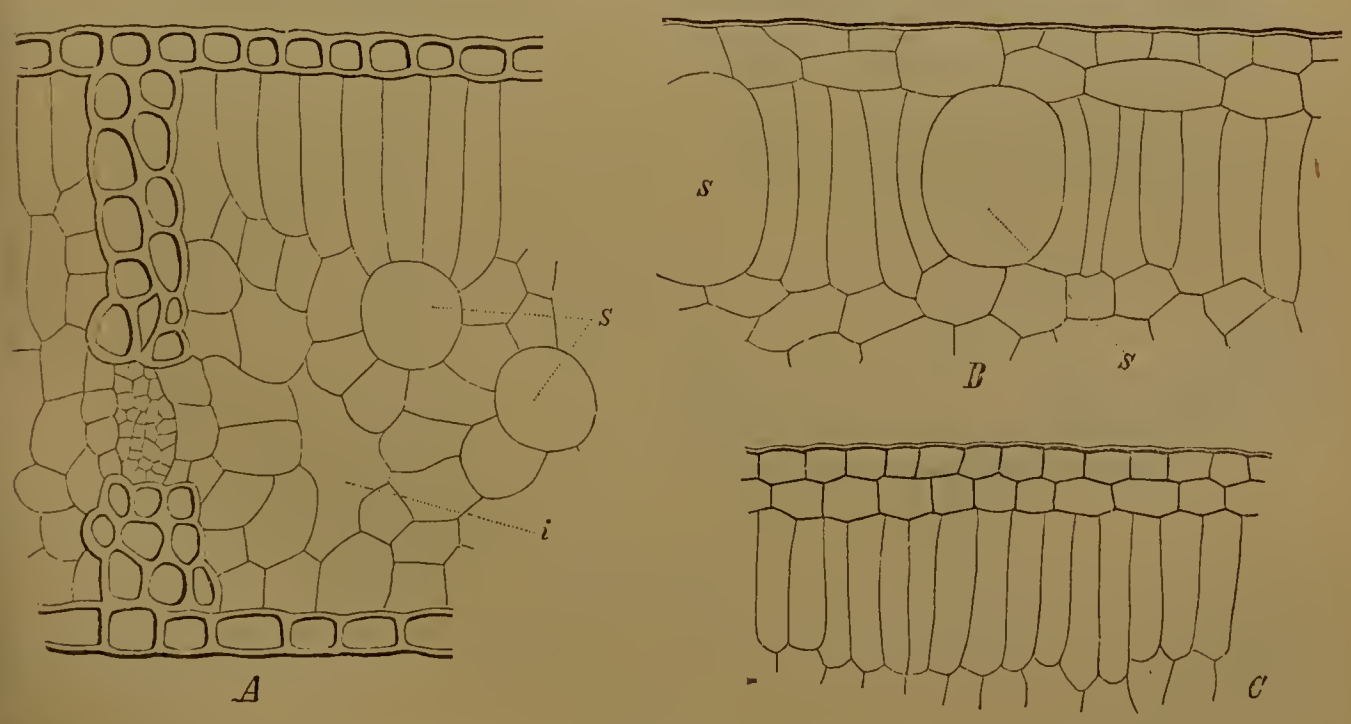


Fig. 55. – Cortes de hojas de lauráceas. *S*, células secretoras; *i*, lagunas intercelulares; *A*, *Laurus Canariensis* Webb; *B*, *Aydendron sericeum* Nees; *C*, *Cryptocarya Boldus* Mol.

tejido pueden dividirse en cuatro grupos: glándulas, nódulos, vasos y canales.

Las *glándulas* en su origen están formadas por una sola célula en cuyo interior se acumula la substancia segregada (fig. 55). Tienen

pared propia y pueden ser pluricelulares por segmentación de la célula primitiva.

Las hay internas y externas. Entre éstas citaremos los pelos glandulosos (fig. 56), las *glándulas digestivas* de las *Nepenthes*, *Drosera*, etc., que son prominencias más ó menos alargadas que contienen un haz de tráqueas y se terminan por una maza; las papilas glandulosas de los estigmas, que sirven para retener el polen, etc. En el *lúpulo*, los pelos epidérmicos tienen la figura de copa; forman una especie de disco cuyos elementos celulares son secretores, y al acumularse el producto segregado, lo hace entre la capa celular del pelo y la cutícula, elevando considerablemente á ésta; su aspecto, estructura y formación aparecen en la figura 57 en todos los grados *(a-i)*. Externas son igualmente las glándulas que segregan esencias en las labiadas (romero, tomillo, espliego, menta, cantueso, etc.).

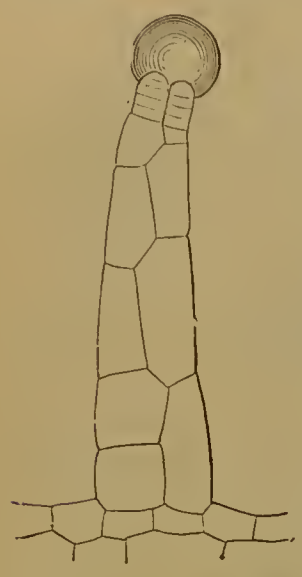


Fig. 56. – Producción epidérmica glandular de *Eupatorium*.

Las internas más sencillas consisten en células de mayor tamaño y contorno más redondeado que las inmediatas, situadas en el

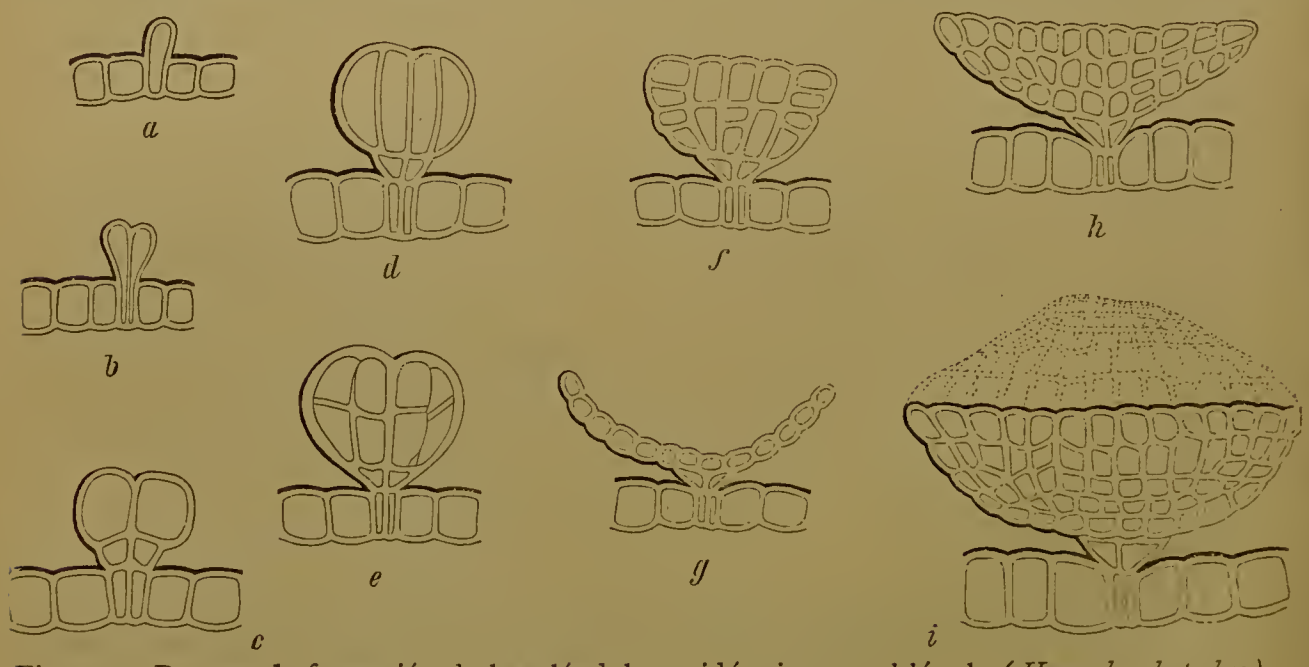


Fig. 57. – Proceso de formación de las glándulas epidérmicas en el lúpulo *(Humulus lupulus)*.

espesor del parenquima, desprovistas de clorofila y que encierran substancias diversas; esta disposición tienen en las hojas de las lauráceas (fig. 55 *s)*. Alcanzan á veces complicación mayor *(Dictamnus Fraxinella)*.

Los *nódulos secretores* están constituídos por espacios intercelulares sin pared propia, en lo que se distinguen de las glándulas; son verdaderos depósitos y se les puede hallar en el naranjo, limonero, mirto ó arrayán, eucaliptus, etc.

Los *vasos* no son otra cosa que series de células cuyos tabiques transversales desaparecen; en algunas ocasiones persisten los tabiques y las células quedan separadas; tal cosa sucede en

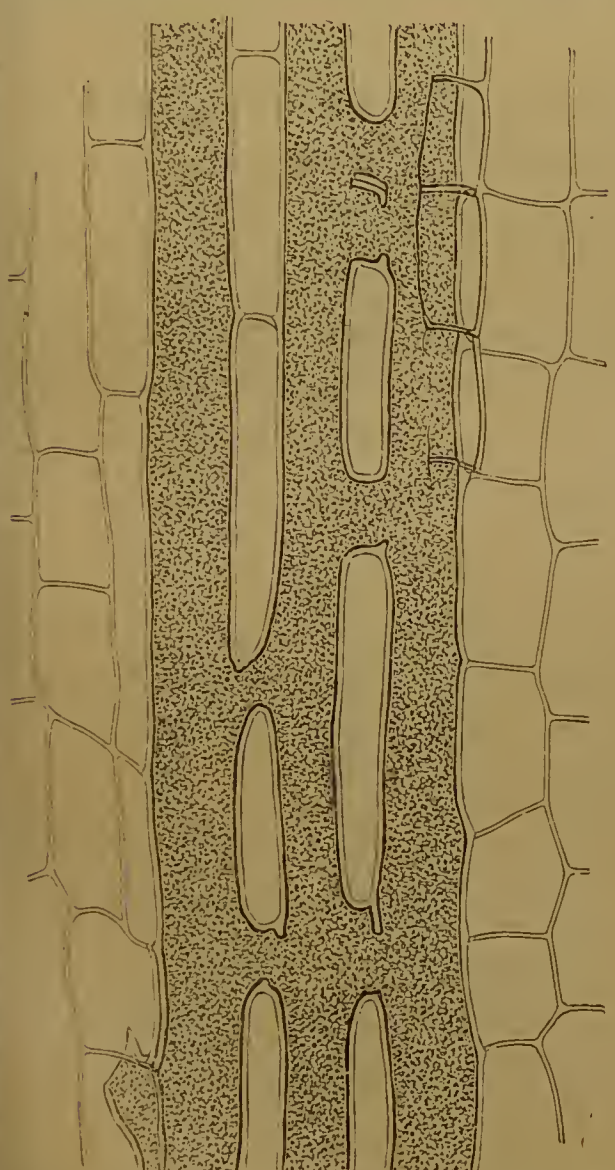


Fig. 58. – Vasos laticíferos de la *Lactuca virosa.*

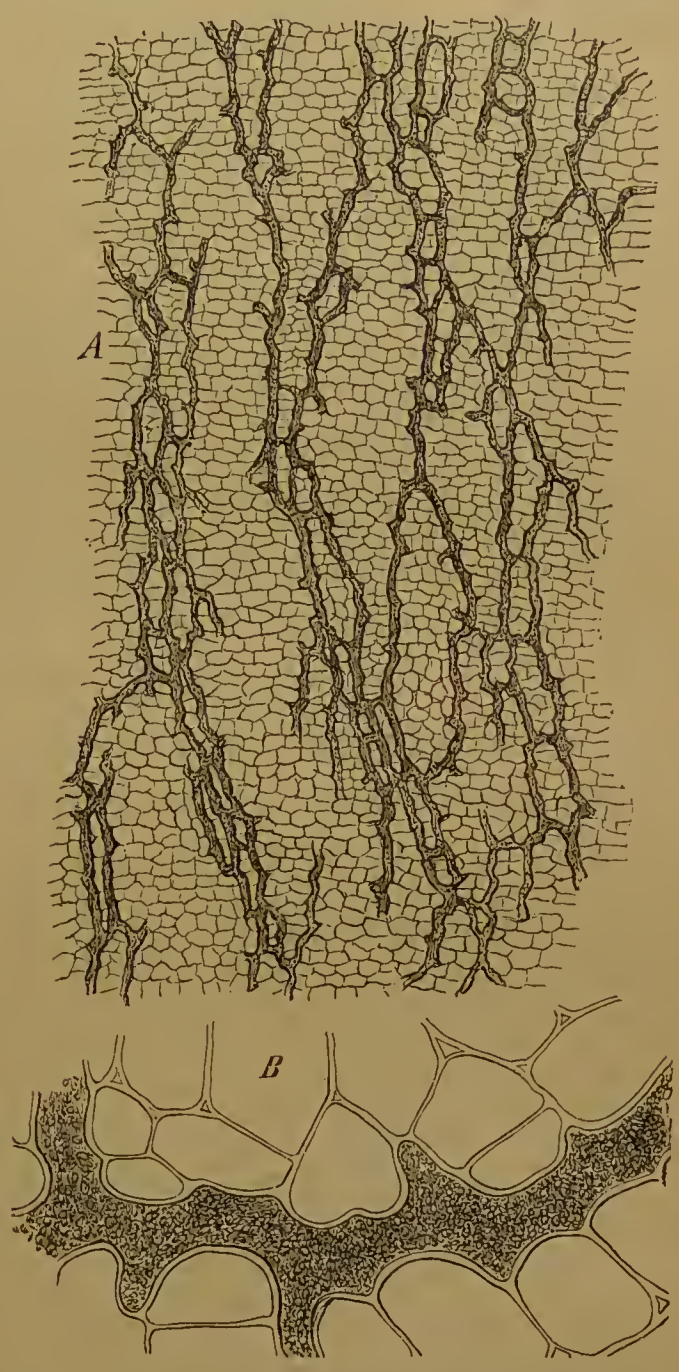


Fig. 59. – Red de vasos laticíferos de la *Scorzonera Hispanica. B*, un pedazo del corte *A*, más aumentado.

los arces (vasos que contienen el jugo azucarado del *Acer saccharinum*, el jugo lechoso del *Acer platanoides*, etc.), en las sapotáceas, en ciertas convolvuláceas, leguminosas, etc.

Se da el caso de que un vaso secretor esté formado por una sola célula extraordinariamente alargada (células laticíferas aisladas de la *Euphorbia splendens)* y aun ramificada. A veces aun cuando

no comuniquen entre sí directamente las células que forman el vaso, la comunicación tiene lugar por otras células laterales.

Los más notables de los vasos secretores son los que contienen el líquido lechoso de varia coloración que recibe el nombre de *latex*, y por esta razón se denominan *vasos laticíferos*. En la celidonia *(Chelidonium majus)* el líquido amarillento que brota al herir los tallos ó las hojas, es segregado en filas sencillas de células que forman largos vasos; los elementos distintos comunican entre sí, pero persiste parte del tabique formando una especie de reborde que trasciende al exterior.

Sencillos son los vasos laticíferos de la lechuga (fig. 58): en ellos los tabiques transversales de las células han desaparecido por completo; se comunican de ordinario entre sí, pero sin formar un conjunto reticulado.

Cuando no sólo existen filas celulares en sentido longitudinal, sino que hay también filas transversales y filas oblicuas, resulta una verdadera red de vasos, que puede ser bastante tupida *(Scorzonera Hispanica*, fig. 59). También en este caso puede ocurrir que persistan los tabiques transversos, como sucede en las redes que recorren la médula del tallo en los rosales y en las zarzas. Lo más común es que haya una fusión completa, según muestra la fig. 59 *B*, perdiéndose toda división y resultando un vaso continuo que no parece de origen celular sino formado directamente.

Redes vasculares de esta índole son las que contienen el latex de las chicoriáceas, campanuláceas, lobeliáceas, la generalidad de las papaveráceas, papayáceas, ciertas aroideas, etc.

Los *canales secretores* son espacios intercelulares alargados, sin paredes propias, que se bordean de células secretoras más pequeñas que las del parenquima.

La formación de uno de estos canales comienza por la división en cuatro de las células que forman una fila vertical; las células resultantes se separan un poco y dejan entre sí un espacio, que continuado en toda la fila, se convierte en un canal; siguen las células primitivas dividiéndose, se forman muchas y de este modo el canal viene á quedar circunscrito en toda su extensión por un verdadero tejido glandular.

La substancia segregada varía mucho: es resina en las conífe-

ras, goma en las cicadeas, aceites esenciales en las umbeladas, araliáceas, etc.; latex en determinadas crusiáceas, óleo-resinas en las alismáceas, pitosporeas, anacardiáceas, etc.

En vez de disponerse los espacios celulares en un canal largo, en determinadas ocasiones es corto y forma una verdadera bolsa; existen diseminadas en el tejido parenquimatoso las que se denominan *bolsas secretoras.*

Tejido fibro-vascular. — Los tejidos apoteliales, admitiendo la división de Hæckel, ofrecen dos elementos antagónicos: el parenquima, que es activo, y el tejido fibro-vascular, que es pasivo; forman al primero las células, al segundo los haces; juntos constituyen el conjunto de los vegetales más complicados: el uno desempeña las funciones de la vida, el otro constituye el armazón de la planta y permite la circulación de los elementos nutritivos; forma á la vez aparato de sostén y aparato conductor.

El *haz* es el tejido más elevado del mundo vegetal; no existe en las talofitas ni en las muscíneas; se le ve aparecer con las criptógamas vasculares. Es posterior al tejido epidérmico; así como éste marca la diferenciación histológica primera, aquél señala la diferenciación última.

La evolución que al aparecer en los vegetales los haces fibroso-vasculares se operó fué tan grande, que tras de las formas raquíticas, rastreras y débiles surgieron elevadas criptógamas vasculares.

Las plantas en que los haces adquieren su desarrollo típico son las fanerógamas dicotiledóneas. En ellas se manifiesta por completo el origen *zigomórfico* de los haces, derivándose por tendencia bilateral de un aparato mitad liberiano mitad leñoso, que produce, en el caso más complejo, una capa anual de madera y otra de líber. El tipo *zigomorfo* aparece ya en los haces primitivos y persiste siempre, siendo esta diferencia inicial la de mayor importancia de cuantas pueden establecerse entre ellos, á pesar de ser por sus formas extraordinariamente variables. La variedad depende de los órganos á cuya formación contribuyen, del modo de agruparse los haces, de las relaciones que guardan entre sí; en vez de diferencias radicales, obsérvase entre aquellos elementos importantes del tejido conductor unidad grande, sobre todo en el origen; del tipo primi-

tivo, bilateral ó zigomorfo, pueden derivar los otros, como derivan de la célula los elementos histológicos más variados.

El hallarse en un haz, bosquejados por lo menos, los elementos del leño y los del líber, ha hecho que se denomine á los haces *líbero-leñosos.*

Para formar mejor idea de la estructura de un haz tomamos

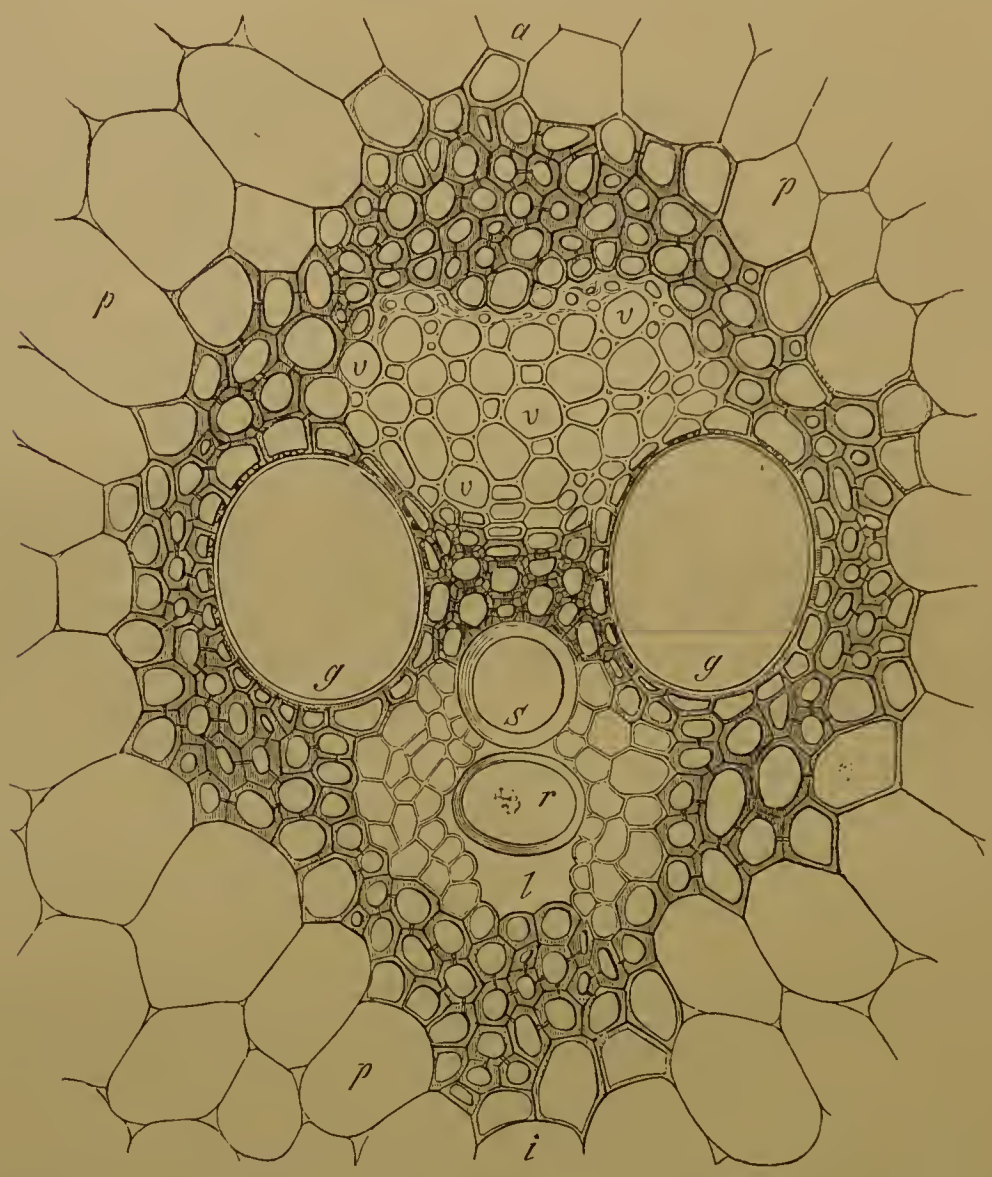


Fig. 60. – Sección transversa de un haz líbero-leñoso de maíz *(Zea Mays)*, según Sachs. *pp*, parenquima conjuntivo; *a*, parte externa del haz; *i*, parte interna; *l*, laguna aerífera producida por la desaparición de los vasos primitivos; *r*, sección de un vaso anillado; *s*, ídem de un vaso espiral; *gg*, vasos punteados, unidos por esclerenquima; *vv*, tubos cribosos del líber.

por ejemplo el que representa la figura 60. Pertenece al tallo del maíz ó panizo *(Zea Mays):* se halla envuelto por un tejido parenquimatoso *(p)* y por capas de células esclerosas; consta de una parte anterior *(a)* liberiana, formada de tubos cuyas secciones aparecen en *v*, y otra parte posterior *(i)* leñosa, en la que se observan vasos *(s* y *r);* el mismo esclerenquima que rodea al conjunto del

haz le atraviesa por en medio, separando la parte liberiana de la leñosa y uniendo dos grandes vasos *(g)*.

Si en vez de observar el corte transverso le observáramos en dirección longitudinal, se destacaría la pared de los distintos elementos que en la figura sólo manifiestan sus secciones y veríamos que los vasos, *g*, son punteados; el vaso *s*, espiral; el *r* anillado, y los tubos *v*, cribosos. Todos estos elementos derivan, como ya dijimos, de células dispuestas en series longitudinales. En los tubos cribosos persisten los tabiques transversales de las células, pero están agujereados como una criba; son activos, no se hallan vacíos como los vasos propiamente dichos.

III. – APARATOS, ÓRGANOS Y MIEMBROS DE LOS VEGETALES

No están tan claramente definidas en el mundo vegetal como en el de los animales, las formas que la reunión de tejidos reviste. Sin embargo, se aplican en Botánica como en Zoología los términos *aparato* y *órgano*, aunque con significación algún tanto distinta.

Algunos autores, como Van Tieghem, admiten *aparatos* diversos; son *asociaciones de tejidos distintos, que realizan una labor común, mecánica, física ó química*. Entre ellos, el mencionado autor describe los siguientes: aparato tegumentario ó protector, aparato conductor, aparato de sostén, conjuntivo, asimilador, de reserva, secretor, absorbente y aerífero. En algunos la diferenciación con el tejido del mismo nombre no aparece muy clara; otros pueden confundirse con lo que en lenguaje botánico corriente se denomina órganos de los vegetales.

Se considera como un órgano *todo tejido ó conjunto de tejidos que desempeñan ó contribuyen á desempeñar la misma misión fisiológica*. Así se dicen órganos de reproducción, órganos locomotores, etc.

Miembros distintos son las partes del individuo que difieren morfológicamente.

La disposición de aparatos, órganos y miembros hemos de verla en la parte del libro dedicada á la Morfología y Anatomía. Indicaremos solamente algunas particularidades de carácter general.

En los vegetales inferiores no cabe la diferenciación en miembros distintos; sólo por reminiscencia de lo que en las plantas superiores ocurre se han empleado palabras que representan partes diferentes. Cabe sí el que se consideren órganos, sobre todo los de reproducción, que bien pronto se diferencian de todos los vegetales.

En general, las diferenciaciones á que aludimos tienen más de relativas que de absolutas; aunque en las páginas dedicadas á la Morfología y Anatomía de los vegetales nos esforzáramos en buscar grandes diferencias entre los miembros distintos de las plantas, no las encontraríamos; hay en estos seres una continuidad de estructura que contrasta con el grado de organización de los animales superiores.

Es ley general que al descender en las series vegetales observamos cómo órganos distintos se van fundiendo en uno solo y funciones diferentes se simplifican hasta realizarse en un solo acto; así llegamos al término de esta regresión en que toda la organización queda refundida en una célula y toda la fisiología en los actos sencillos de nutrición, reproducción y sensibilidad. Por un proceso contrario se llega desde la célula hasta el organismo más complicado.

No aparece tan clara esta ley en los vegetales como en los animales; en aquéllos son muchos los órganos que desempeñan á la vez varias funciones y no pueden considerarse, por lo tanto, como verdaderas unidades orgánicas; hay también funciones que no se hallan localizadas.

Vuillemín, considerando en general la disposición de las células en el cuerpo de los vegetales, admite, por el origen de éstos, dos tipos: forman el primero los cuerpos derivados de una célula, y el tipo segundo los cuerpos que derivan de un embrión. Hay plantas del primer tipo cuyo organismo tiene simplemente la forma de un *talus;* en éstas la diferenciación orgánica puede decirse que es nula; si alguna vez se forman tejidos distintos carecen de fijeza, son producidos por variaciones del medio y no persisten cuando el accidente cesa.

Indica el autor mencionado que pueden originarse, por regresión de un talus pluricelular, cuerpos que aparentemente se hallan constituídos de una sola célula.

En este caso suelen aparecer en el vegetal monocelular núcleos distintos que guardan entre sí las distancias que en las células guardaban. Llama á éstos *cuerpos apocíticos*, y de su observación, que juzgamos muy lógica, conviene tomar nota, pues en la gran clase de los hongos hay muchas formas cuya aparición en el tiempo fué posterior á la de vegetales más complicados, y sólo por una metamorfosis regresiva, impuesta á veces por el parasitismo, puede explicarse el hecho.

Los cuerpos vegetales que derivan de un embrión deben la diferenciación que alcanzan al período embrionario, durante el que se manifiestan tendencias y disposiciones hijas de la herencia y base sólida del desenvolvimiento morfológico del individuo.

El embrión se individualiza, apareciendo primeramente una capa de células protectoras, una membrana epidérmica comparable á los epitelios de los animales. La evolución morfológica se verifica al exterior, fuera de la planta madre, y en un principio el cuerpo es sólo celular; la aparición de haces implica la diferenciación más profunda y es el punto de partida de la formación del cuerpo vegetativo. En las plantas en que esto sucede, el cuerpo deriva de un tejido diferenciado, carácter que se opone al de las plantas celulares derivadas directamente de una célula sencilla. En la ontogenia y en la parte descriptiva de esta obra, haremos notar que entre estos dos tipos extremos hay términos intermedios que los enlazan; uno de ellos es el que ofrece la formación del cuerpo de los musgos.

En los vegetales superiores se disponen los elementos histológicos en un *sistema epitelial* y un *sistema vascular;* aquél recubre la totalidad del cuerpo, éste forma el esqueleto de los diferentes miembros que constituyen la planta. Veamos ahora cuáles son estos miembros en el más alto grado de diferenciación y cómo pueden caracterizarse.

Al través de la complejidad de estructura, en una planta superior se distinguen tres partes principales: el *tallo*, la *raíz* y las *hojas*. Para caracterizarlas pueden examinarse, además de la disposición anatómica, las conexiones que entre sí tienen y la simetría que guardan.

El tallo se considera como miembro axil, la raíz y las hojas

como apendiculares: parece ser el primero quien sostiene y relaciona á los otros dos miembros; las hojas están claramente definidas como apéndices por su posición y por su estructura, en cambio la raíz sólo tras de un estudio detenido ha sido considerada como miembro apendicular. Las conexiones que las partes indicadas tienen son muy grandes y cuando estudiemos su anatomía las veremos confirmadas, sobre todo por lo que respecta á la continuidad y á la disposición de los haces.

Además de las indicadas, se consideran como partes de un vegetal las ramas, las flores, los frutos y los pelos; el pelo es juzgado también como un tipo morfológico. Las ramificaciones son la continuidad del tallo, su extensión superficial para favorecer la amplitud de los órganos apendiculares y vigorizar la vida de la planta. En la colocación de las ramas se han observado reglas fijas de carácter general. Las flores y los frutos son órganos, no miembros; tienen una misión fisiológica concreta y proceden de hojas transformadas; se pasa por grados insensibles desde la bráctea al cáliz, del cáliz á la corola, de la corola al estambre, etc. Estas relaciones son de largo tiempo conocidas y reducen á la unidad, simplificando mucho la morfología vegetal. Al célebre poeta Gœthe se debe el haber hecho la primera indicación acerca de esta solidaridad entre las partes de la flor y las hojas.

La unidad del tipo morfológico trasciende también al interior, al tejido fibro-vascular que forma el armazón del cuerpo. Según Vuillemín, *el sistema conductor de los tres miembros está formado de haces de la misma naturaleza, orientados diferentemente en cada uno de ellos.*

No hemos de continuar exponiendo cuanto respecto á los miembros y á los órganos vegetales puede decirse; asunto es éste que corresponde á la Botánica especial; son estas nociones generales suficientes, á nuestro modo de ver, para formar idea de la manera como se hallan organizados los seres que componen la gran rama de la Biología que recibe el nombre de Botánica. Las ideas apuntadas completan la parte primera de las en que hemos dividido la obra.

ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA

CAPÍTULO QUINTO

ESTUDIO DE ALGUNOS TIPOS VEGETALES

I. – PROTOFITOS

Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiæ* Meyer). Es fácil de obtener, y tanto su organización rudimentaria como los medios de reproducirse, pueden considerarse como típicos por lo que respecta á las manifestaciones primeras de la vida vegetal.

Precisa para su estudio el empleo del microscopio con un aumento que no debe ser inferior al de 500 diámetros.

Debe cultivársela en líquidos azucarados, ó mejor sobre trozos de remolacha ó zanahoria; en estos cultivos se observa bien una de las fases de la reproducción.

Fig. 61. – *Saccharomyces cerevisiæ*, colonia ramificada de cítodos, formada por gemmación.

La levadura de cerveza está formada de elementos protoplásmicos envueltos por una membrana tenue de celulosa; no son estos elementos verdaderas células, puesto que carecen de núcleo: se pueden considerar como simples *cítodos*. Los cítodos tienen forma oval ó redondeada, y están unas veces separados y otras unidos en series ó en *talus* ramosos (fig. 61) de ramas moniliformes; en algunos casos, cuando el desenvolvimiento del *Saccharomyces* tiene lugar al aire libre, los cítodos se alargan de un modo considerable, produciéndose *talus* cilíndricos.

El protoplasma es granuloso, incoloro; suele contener de ordinario una ó dos granulaciones esféricas, de naturaleza grasienta y

muy refringentes. Aparecen durante la vida de este elemento citódico vacuolas de gran amplitud á veces.

El *Saccharomyces* carece de movimiento y no tiene exteriormente ni cirros ni apéndices de ningún género. Aunque varía algún tanto el tamaño de los cítodos según la alimentación, por término medio suelen tener longitud de ocho á nueve milésimas de milímetro en la dirección del diámetro menor.

La vida de este protofito queda reducida á los actos de nutrición y de reproducción. Se nutre principalmente del azúcar; en contacto del aire ó fuera de la acción del oxígeno atmosférico, descompone al azúcar en alcohol, ácido carbónico, etc.: este fenómeno se conoce con el nombre de *fermentación alcohólica;* que el acto es simplemente de nutrición se prueba porque cuanto más alcohol se produce, aumenta más la cantidad de levadura. Vegeta muy bien entre 8° y 35° centígrados; su actividad cesa bajo la temperatura de 3°, y cuando pasa de 75°, siempre que se halle en cultivo.

Como todos los elementos protoplásmicos, si se deseca disminuye de volumen, produce una especie de quiste y aguanta temperaturas de 100 y de 130° durante algunas horas.

Por la forma y por la función se distinguen dos variedades del *Saccharomyces cerevisiæ:* la una se denomina *levadura alta* y la otra *levadura baja;* en la primera los elementos citódicos son más elípticos y voluminosos; en la baja son redondeados y más pequeños; se pasa de la variedad baja á la otra con sólo elevar la temperatura y disponer convenientemente el cultivo.

Reproducción. – Tiene lugar por dos procedimientos: el uno directo, sencillo, que es la genmación; el otro más complicado, al cual preceden ciertos actos en el interior del cítodo; ambos son asexuales y están incluídos entre los más sencillos medios de reproducirse los seres vivos. Puede observarse la reproducción en los cultivos del *Saccharomyces* cuando abunda la substancia azucarada: en este caso, como en todos los análogos, la división del protoplasma implica un exceso de nutrición.

La gemmación se opera del siguiente modo: en una parte del cítodo, cuando éste alcanza su definitivo tamaño, comienza á originarse una pequeña prominencia (fig. 62), á manera de verruga, que aumenta lentamente de volumen; al principio esta verruga se halla

desnuda, pero muy pronto aparece recubierta de una tenue membrana que la acompaña en su ulterior desenvolvimiento. Cuando la yema tiene próximamente los dos tercios de las dimensiones normales, se separa de la madre ó bien queda á ella unida; en el caso primero los cítodos viven independientes los unos de los otros, en el segundo forman arborizaciones ó series de aspecto moniliforme (fig. 61). En la levadura baja suelen vivir los cítodos separados; en la levadura alta tienen tendencia á formar colonias por la producción sucesiva de yemas en cada una de los nuevamente formados.

Fig. 62. – Gemmación del *Saccharomyces cerevisiæ*

A medida que el protoplasma va acumulándose en el nuevo elemento citódico, en el antiguo se forman vacuolas que aumentan su extensión después.

Fig. 63 — Proceso de la generación esporádica del *Saccharomyces cerevisiæ.*

Cuando vive la levadura de cerveza en condiciones determinadas que no tienen nada de favorables, puede reproducirse de otra manera muy distinta de la anterior. En un momento dado, el protoplasma interno parece concentrarse como tendiendo á formar varios núcleos; algún tiempo después se concentra en dos masas que luego dan lugar á otras dos, formándose (fig. 63) cuatro á las que denominaremos *esporas;* la célula madre que les contiene suele llamarse *teca.* Las esporas se rodean de una delgada película, se estrechan entre sí y forman una masa que es puesta en libertad al romperse la cubierta de la teca; esta masa germina más tarde, produciendo por gemmación nuevos cítodos por el procedimiento antes reseñado.

En vez de dos esporas pueden originarse desde luego tres ó cuatro, y entonces toman posiciones diversas según el número. Las tecas maduras miden 10 á 15 milésimas de milímetro; las esporas tienen un diámetro de 4 á 4,50 milésimas de milímetro.

Este procedimiento de reproducción esporádica implica ya un progreso funcional que no deja de ser curioso tratándose de elementos histológicos que carecen de núcleo.

El *Saccharomyces cerevisiæ*, cuya estructura y vida acabamos de reseñar ligeramente, es tipo de los vegetales más sencillos; ni siquiera puede decirse que alcance el estado celular precursor de la formación de un tejido, de un *talus*. No difiere este ser de los más rudimentarios protozoos por su estructura. Manifiesta, sin embargo, tendencias hacia el mundo vegetal: primero, por tener cubierta antes de núcleo, lo contrario de lo que sucede á las amibas; segundo, por la reproducción esporádica, que sólo en muy excepcionales ocasiones se observa en los animales inferiores (generación esporádica de las gregarinas) y aun en este caso va precedida de una conjugación.

Fig. 64.—*Agaricus campestris*. Micelio rizomorfo y receptáculo fructífero.

En la levadura de cerveza ni se produce clorofila ni ninguno de los compuestos ternarios que caracterizan á los vegetales. Forma entre los protistas de Hæckel.

Los botánicos le incluyen en el tipo vegetal de las talofitas, clase de los hongos, orden de los sacaromicetos.

Agaricus campestris. – Es un hongo ó *seta* (fig. 64) muy fácil de encontrar, común en nuestro país y por lo tanto á propósito para tomarle como tipo de estudio. Suele vivir junto á los estercoleros, en los prados, en las selvas y en todos aquellos sitios donde existen substancias orgánicas en descomposición. Se cultiva con preferencia porque es comestible y no se conocen en esta especie individuos venenosos; en las cuevas y sótanos, previa la preparación del suelo con una buena capa de estiércol, puede vivir perfectamente y se

reproduce con profusión. Es la especie cultivada en mayor escala en las catacumbas de París, de la que se obtienen rendimientos de importancia.

La parte que el vulgo llama hongo ó *seta* es la que en la ciencia se conoce con el nombre de *receptáculo fructífero*, la que en el individuo adulto encierra los gérmenes reproductores. Consta de un pie casi cilíndrico *(estipe)* á cuyo extremo descansa el característico sombrerillo, que es liso y muy convexo por la parte superior y por la inferior se halla formado de numerosas láminas casi aplicadas las unas á las otras y dispuestas irradiando del centro á la circunferencia.

Fig. 65. – Tres estados distintos del desenvolvimiento del receptáculo fructífero en un *Agaricus*.

Este receptáculo es accidental; aparece en determinada época y desaparece después que han madurado los gérmenes.

Hay otra parte del hongo que tiene mayor permanencia, que en vez de reproductora es nutricia, en la que se forman por un proceso que luego estudiaremos los receptáculos fructíferos. Esta parte se conoce con el nombre de *micelio;* es el *talo* celular que vive en contacto de las substancias orgánicas de que se alimenta y en el que el protoplasma carece de aquellos productos derivados que tienen las plantas superiores para tomar el carbono atmosférico *(clorofila)*.

El micelio está formado por filamentos ó cordones ramosos que se entrecruzan profusamente y asemejan raíces, por lo que han recibido el nombre de *rizomorfos*. Los filamentos del micelio crecen por la extremidad. En algunos *Agaricus* se aglomeran substancias nutritivas en ciertos filamentos y constituyen materiales de reserva que se denominan *esclerotos* y se utilizan en el período de mayor actividad de la planta.

El receptáculo se forma de un modo muy sencillo: en el micelio se producen pequeños cuerpos redondeados que aumentan sucesivamente de volumen, diferenciándose al llegar á cierto estado la parte correspondiente al sombrerillo de la que ha de ser el estipe;

sino que todo ello se halla envuelto en una membrana general que une los bordes del sombrero al pie, membrana que al romperse queda en parte pegada al estipe formando en él lo que se llama *anillo* (véase figura 65).

El *talus* unas veces se destruye después de la primera fructificación, y otras veces muere solo el centro, quedando para el año siguiente los filamentos exteriores.

La estructura interna no tiene tampoco gran complicación. Todo el tejido del hongo es celular: ni aparece diferenciación histológica alguna ni siquiera se diferencia el protoplasma; carácter fundamental es la ausencia absoluta de clorofila, que se observa no sólo en esta especie, sino en todos los hongos. Esta ausencia de clorofila implica una alimentación de materias orgánicas ya formadas, idéntica por tanto á la de los animales inferiores; implica una vida rudimentaria que se armoniza con lo rudimentario de la organización.

Todo el receptáculo, pie y sombrerillo, está constituído por *hifas*, filamentos celulares alargados que se hallan en un principio en disposición paralela y tienen todos ellos la misma forma. La primera diferenciación consiste en que los exteriores se desecan, adquieren color y forman en la superficie del hongo una membrana protectora, mientras los internos permanecen blandos é incoloros. Las hifas, que en el pie son paralelas, al llegar al sombrerillo divergen hacia el borde de éste, disponiéndose en forma radiada.

Las láminas que constituyen por la parte inferior al sombrerillo están formadas en la región media de hifas, pero hacia el exterior las hifas dan lugar, generando algunos elementos histológicos cortos, á una capa que recibe el nombre de *subhimenial;* las células más externas de esta capa tienen prolongaciones alargadas, perpendiculares al borde de la lámina, de forma de porra con la parte más ancha hacia afuera; su conjunto recibe el nombre de *himenio*, y en esta parte es en la que se originan las *esporas* ó gérmenes reproductores.

Muchas células del himenio se prolongan en cuernecitos *(esterigmas)* terminado cada cual por una célula ovoidea, que es una espora. Tales células fértiles son las que se llaman *basidios* (fig. 66),

así como las estériles son denominadas *parafisis;* éstas acostumbran á ser más delgadas y ni tienen esterigmas ni esporos.

El *Agaricus campestris* puede reproducirse con sólo sembrar en sitio húmedo, obscuro y abundante en estiércol, las esporas; al

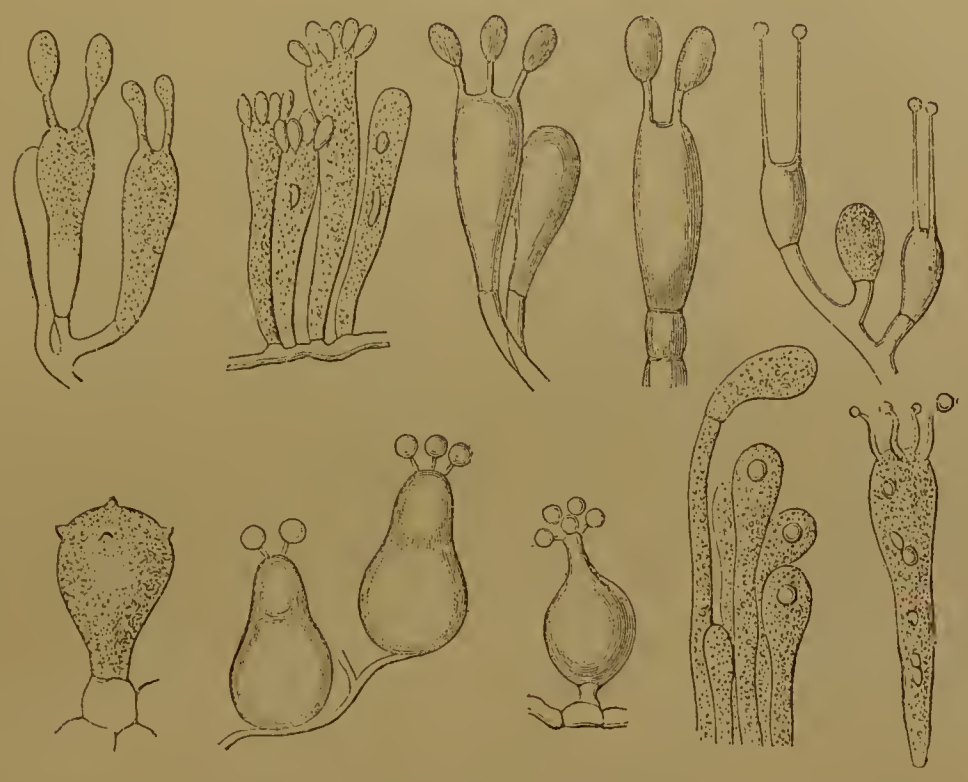


Fig. 66. – Basidios en diversos estados de desenvolvimiento, algunos con las esterigmas sosteniendo á las esporas.

desenvolverse éstas producen un micelio ó talo ramificado y rizomorfo.

Puede propagarse la misma especie sembrando el micelio en lugar oportuno, y éste es el procedimiento que se usa preferentemente en el cultivo.

En especies análogas se han observado diferenciaciones en mayor escala del elemento histológico fundamental. Aparecen á veces verdaderos tubos que contienen un líquido muy espeso y refringente *(Agaricus olearius).* Se ha creído reconocer también en algún caso un principio de generación sexual.

El grupo á que pertenece el vegetal que hemos descrito ofrece gran variedad de formas; sin embargo, todas tienen estructura idéntica, pudiéndose considerar como tipos de tejido de los hongos el *micelio* y el *himenio* y como forma primordial histológica de este grupo la *hifa.*

No puede decirse que aparezcan aquí miembros distintos del

vegetal; órganos sí, el talo y el receptáculo fructífero. Parece haber dado la organización vegetal un paso adelante desde la levadura de cerveza hasta el *Agaricus*, pero no ha salido todavía de las formas celulares escasamente diferenciadas.

Fucus vesiculosus. — Para marcar un paso adelante en el proceso morfológico de los vegetales, es muy conveniente describir una especie típica del grupo de las algas. Ninguna mejor que la indicada en el epígrafe. Se trata de una planta bien caracterizada, que vive en las aguas marinas, en parajes de poco fondo, de los que puede dejar al descubierto la marea. Es algún tanto frecuente en las costas iberas, sobre todo en las del Cantábrico.

Fig. 67. – Expansiones dicotómicas del *Fucus vesiculosus*. – *F*, fronde. *V*, aerocisto. *T*, fructificación.

Por su morfología el *Fucus* indicado es bien distinto del hongo que hemos descrito anteriormente; se ve desde luego que hay en éste menor diferenciación orgánica, y basta una ojeada para comprender que se trata de vegetales pertenecientes á clases distintas.

El *Fucus* tiene aspecto vegetal; se une fuertemente á las rocas por medio de apéndices radiculares que proceden de una expansión redondeada; de la misma, hacia la parte superior, parece derivar un tallo cilindroideo muy pronto ramificado, adquiriendo las ramas forma de expansiones membranosas, aplastadas, coriáceas. En conjunto el alga suele elevarse sobre el suelo diez y nueve ó veinte centímetros y el color es verde aceituna muy obscuro.

Las ramas nacen de dos en dos (fig. 67) divergiendo desde el mismo punto de origen; este sistema de ramificación recibe el nombre de *dicotomía*. La línea media de cada rama parece hallarse indicada por un nervio saliente; á uno y otro lado de esta línea y de trecho en trecho, se observan vesículas ovoideas, de bastante volumen á veces, que se hallan llenas de aire, sirven para favorecer el sostén del vegetal en el agua y han sido denominadas *aerocistos;* á estas vejigas debe la especie que describimos su nombre específico. En

ALGAS MARINAS

Tetraspora gelatinosa.—2. Callithamnium corymbosum.—3. Plocamium vulgare.—4. Polysiphonia fibrata.—5. Rivularia nitida.—6. Delesseria hypoglossum.—7. Chondrus crispus.—8 y 10. Laminaria saccharina y L. digitata.—9. Chorda filum.

la terminación de las ramificaciones se hallan colocados los órganos reproductores que se destacan por formar masas ovoideas.

No todos los *Fucus vesiculosus* tienen los mismos órganos; la generación en esta especie es sexual y hay pies que sólo llevan órganos masculinos y otros que son exclusivamente femeninos. La diferenciación de sexos significa un progreso grande y en el caso éste las plantas se denominan *dióicas*.

Estudiemos primeramente la estructura anatómica de la parte vegetativa de esta especie, después la de los órganos reproductores y por último el desarrollo.

Aun cuando por semejanza con lo que sucede en los vegetales superiores se han dado los nombres de los miembros de éstos á las partes distintas de que consta el cuerpo de los *Fucus vesiculosus*, por la estructura anatómica nada tienen que ver los unos y los otros. Los apéndices radiculares no tienen complicación alguna, son puramente celulares y no absorben nada del suelo en que se fijan, sirviendo sólo como órganos de sostén; se acostumbra á llamarles *rizoides*. Las expansiones membranosas sí que se asemejan á las hojas en cierto modo: tienen nerviaciones, son aplastadas, y en algunas algas *(Laminaria Cloustoni)* hasta se caen al comenzar el invierno y vuelven á aparecer en la primavera siguiente. No pueden, sin embargo, considerarse como órganos análogos á las hojas; tienen estructura y desarrollo distinto, carecen de órgano axil y además no desempeñan una función determinada, especial.

Es uniforme la anatomía de las ramas; en ella se descubren tres tejidos, el de las nerviaciones, el epidérmico y el parenquima general. Los nervios medios se hallan formados por células alargadas, cilíndricas, estrechas; parecen al alargarse que tienden á la forma de las fibras, que es la más á propósito para órganos que han de servir de sostén. La epidermis está constituída por células endurecidas, más largas que anchas y perpendiculares en la dirección de su mayor eje á la superficie de la rama. Al parenquima le forman células entre las cuales suelen quedar grandes espacios y que tienen paredes muy espesas que constan de dos partes: una resistente y delgada, interna; otra externa, gruesa, que se gelifica y es por lo tanto blanda, susceptible de hincharse con el agua. A esta gelificación debe el *Fucus* su empleo en medicina como emoliente, y se

debe también la contextura mucilaginosa que dichos vegetales tienen.

Las algas son celulares por completo, ni siquiera se bosquejan en ellas los vasos y las fibras; en cambio en el protoplasma de sus células hay diferenciación y una gran actividad funcional. Es muy frecuente la producción de la clorofila, y frecuentes, por lo tanto, los gránulos de almidón.

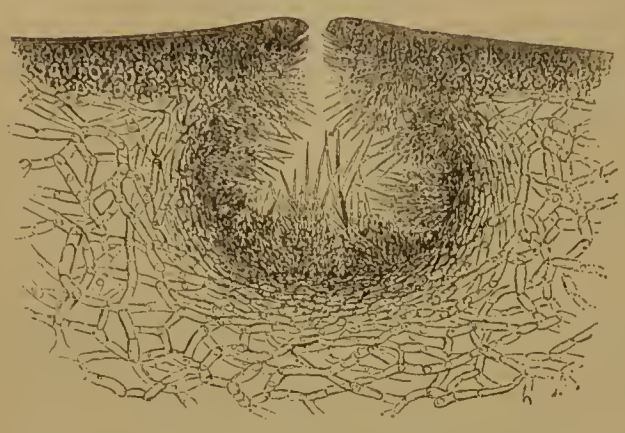


Fig. 68. -- Conceptáculo masculino del *Fucus vesiculosus.*

Las ramas crecen por el ápice, que de ordinario se presenta excavado. El crecimiento se opera gracias á la segmentación de una fila de células iniciales que forman una arista terminal; estas células dan lugar á la formación de segmentos basilares que han de constituir la región medular del talo y segmentos laterales que originan la parte epidérmica ó cortical.

Fig. 69. – Conceptáculo femenino del *Fucus vesiculosus.* *O*, ostiolo.

Los órganos reproductores, sean masculinos ó sean femeninos, están colocados en las extremidades de las ramas, que se dilatan bastante, formándose en cavidades profundas llamadas *conceptáculos*, envueltas interiormente por la epidermis que se continúa al exterior y provistas de una pequeña abertura ú *ostiolo.* En el interior de estas cavidades es donde se originan los gérmenes reproductores. Hay por tanto conceptáculos masculinos (fig. 68) y conceptáculos femeninos (fig. 69); difieren muy poco entre sí por su forma y por su estructura; lo mismo unos que otros se hallan interiormente ta-

pizados de pelos, producciones epidérmicas que desempeñan importante misión, pues transformándose dan lugar á que se formen los sacos en que se hallan los gérmenes, sirviéndoles además de soporte. Los pelos estériles son los denominados *parafisis*.

Los sacos ovoideos que por transformación de ciertas ramas de algunos pelos ramificados se producen en los conceptáculos masculinos, se llaman *anteridios* (fig. 70). El protoplasma de los anteridios, lleno de actividad y vida, se concentra, formando pequeños cuerpos elípticos provistos de un cirro anterior y un cirro posterior, que cuando rota la cubierta del saco abandonan éste, se mueven valiéndose de las contracciones del cirro; estos gérmenes masculinos ó *anterozoides* asemejan protozoarios, ya por su estructura simple, ya por los movimientos, que son en un todo análogos á los de aquellos animales; esta movilidad y el ser extremadamente sensibles caracteriza á los anterozoides.

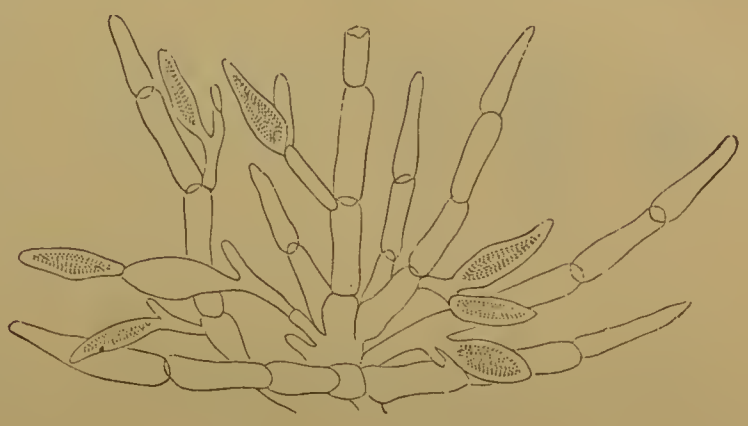


Fig. 70. – Anteridios de *Fucus*.

En los conceptáculos femeninos los pelos fértiles producen también un saco de forma esférica, una gran célula cuyo protoplasma muy pronto se concentra y separa en ocho masas que resultan otros tantos gérmenes femeninos; reciben éstos el nombre de *oosferas* y el órgano que los produjo *oogonio*. La membrana del oogonio tiene dos capas que se separan destacándose muy bien: la una, externa y poco elástica, es la primera que se rompe; la otra tiene mayor elasticidad, se desprende después que lo ha hecho la primera y persiste en derredor de las oosferas. El carácter de los gérmenes femeninos es la inmovilidad: son esféricos, muy llenos de protoplasma, pero pasivos; no manifiestan la sensibilidad y el movimiento que los órganos reproductores masculinos, que los anterozoides.

La reproducción ha de precederse de la *fecundación*, acto en virtud del cual los gérmenes masculinos se funden con los gérmenes femeninos, resultando un protoplasma con actividad y energía suficiente para originar, tras de un corto proceso, un vegetal idén-

tico á aquél de que procede. La fecundación tiene lugar en el agua; los anterozoideos se aproximan á las oosferas, las rodean é imprimen movimiento, penetran en su interior y las convierten en *oosporas*, en verdaderas células embrionarias.

Las oosporas tardan poco en rodearse de una membrana celulósica; después se alargan en un sentido (fig. 71) y las prolongaciones se ramifican; por algunas de ellas se pegan á las rocas de los bajos fondos marinos, y desenvolviéndose dan lugar á la formación de un *Fucus vesiculosus*, comenzando por formar un talo en el que las células se agrupan disponiéndose en dos capas distintas, una central medular, constituída por células alargadas, y otra externa cortical de células isodiamétricas.

Fig. 71. – Esporas de *Fucus* en germinación.

Más que en la estructura anatómica y en la diferenciación morfológica, hallamos un progreso marcado en el *Fucus* descrito por lo que se refiere á la diferenciación de los órganos reproductores. De la generación asexual por la que el *Agaricus* se reproduce, á la sexual del *Fucus* hay bastante distancia.

La reproducción de este último nos sugiere algunas observaciones fundamentales. En primer término vemos que los órganos reproductores de los dos sexos son enteramente iguales é idéntico el origen de los gérmenes masculinos y femeninos; este mismo hecho ocurre siempre. Proceden anterozoides y oosferas de células apendiculares epidérmicas, pues son de las que forman las ramas de los pelos del conceptáculo; adquiere el pelo por este hecho una gran importancia, en que se fundan los botánicos modernos para considerarle como uno de los tipos morfológicos del organismo vegetal. La diferencia entre los gérmenes masculinos y femeninos está en la forma y en la movilidad: éstos son inmóviles, aquéllos se mueven con rapidez.

El movimiento de los anterozoideos en el agua por medio de sus dos cirros vibrátiles opuestos, parece caso extraordinario á quienes afirman que no son los vegetales capaces de una movilidad tan grande como la que tienen los grupos inferiores de

los animales. La materia protoplásmica es susceptible de amplios movimientos, lo mismo en el mundo vegetal que entre los animales.

La función reproductora en el caso de la existencia de sexos, es un fenómeno sencillo que tiene por imprescindible punto de partida la fecundación. Ésta consiste en una conjugación celular semejante á las estudiadas en lugar oportuno.

El *Fucus* es tipo de un buen número de algas que viven en los mares.

II. – MUSCINEAS

(Estudio de la *Funaria higrométrica)*

Aparato vegetativo. – El musgo, que tomamos como tipo de estudio, es muy fácil de adquirir; vive en abundancia sobre las paredes y los tejados, favoreciéndole la humedad, sin la que no puede desarrollarse. Es una plantita de color verde que alcanza hasta la altura de un decímetro y vive siempre reunida á multitud de individuos de su misma especie, formando esas masas verdosas que á veces tapizan por completo la parte superior de los paredones derruídos y en el campo la superficie de los montículos al lado de los caminos y en los desmontes de los ferrocarriles.

Fig. 72. – Aparato vegetativo de un musgo *(Bryum)*.

Aislada una de las plantitas y separándola cuidadosamente del suelo, se la encuentra formada de las partes siguientes (fig. 72): un tallo vertical, cilíndrico, corto, que no tiene ramificaciones; en la parte inferior se prolonga en una raicilla filamentosa y lateralmente se halla cubierto de hojuelas verdes, aplicadas al tallo, imbricadas, ovales, cóncavas hacia la parte interna, agudas en la extremidad. En la parte inferior del tallito, las hojas se hallan algún tanto separadas, pero en la parte superior se disponen en una roseta, del centro de la cual, en las épocas en que la planta fructifica, nace el pedículo que sostiene á los órganos reproductores. El tallo no suele ser del mismo grosor en toda su extensión: es más grueso en la parte media y se adelgaza hacia los dos extremos; el diámetro depende de la edad; hay musgos en que este tallito se ramifica.

Esta morfología da á la *Funaria* el aspecto de una planta superior, pues aun cuando en la anatomía, como ahora veremos, difiera mucho de los vegetales superiores, en apariencia tiene tallo, raíz, hojas y aun fruto. Este, en primavera y estío, aparece formando una capsulita al extremo del pedículo que arranca del centro de la roseta de hojas.

La estructura del tallo en la *Funaria* muestra un progreso grande relativamente al observado en el *talus* del *Fucus*. Si damos un corte transversal á un tallito adulto, encontraremos tres zonas distintas: una externa, cortical, que está formada por células de paredes resistentes de coloración rojiza y constituyen un aparato de defensa; siguen muchas filas de células redondeadas, cuyas paredes tienen escaso espesor, generalmente incoloras, constituyendo un parenquima conjuntivo; en el centro se apercibe un grupo de células muy estrechas, de paredes delgadas, que forman un haz rudimentario, una especie de cilindro axial que recuerda el aparato de sostén de las plantas superiores, ya que no el aparato conductor, porque aquí no aparecen vasos de ningún género ni nada que con ellos tenga semejanza.

La existencia de este haz rudimentario, que en algunos musgos llega á complicarse en grado mayor al indicado, ha hecho que algunos autores consideraran á estos vegetales como el lazo de unión, el término intermedio entre las plantas vasculares y las puramente celulares; usando de términos apropiados y aceptando este criterio, llamaremos *protofitos* á los vegetales que están formados únicamente de células (hongos, algas), *mesofitos* á los que como los musgos tienen un aparato vegetativo con un haz rudimentario, y *metafitos* á los que tienen haces bien definidos con su región liberiana y región vascular. Otros autores, y entre ellos Vuillemín, creen que no es posible considerar al haz de los musgos como carácter mesofítico, pues en él no hay diferenciación; parécenos que por esta causa es por lo que ha de considerarse como un estado superior al de las células longitudinales que ofrecen en el centro los talos de algunas algas, é inferior al de los haces de las criptógamas vasculares.

La parte radical que en la *Funaria* hemos observado no tiene estructura propia: está formada por pelos absorbentes que proceden de la región cortical del tallo, se dirigen en sentido vertical y pe-

netran en la tierra; no ofrece diferenciación alguna y no puede considerarse como un órgano de sostén, sino á lo sumo como órgano absorbente. Los pelos son pluricelulares y están revestidos de una membrana que suele tener color rojizo obscuro. Crecen longitudinalmente, dividiéndose por tabiques transversales y por un procedimiento intercalar. Las células contienen abundante protoplasma y gotitas de aceite. Estos pelos se ramifican profusamente, formando una diminuta cabellera.

La estructura de las hojas en los musgos, y por lo tanto en la *Funaria*, es sumamente sencilla. Están formadas de una sola capa de células jugosas,

Fig. 75. – Esporos tetraédricos de un musgo

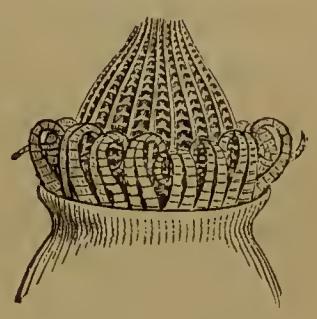


Fig. 77. - Peristoma de un musgo.

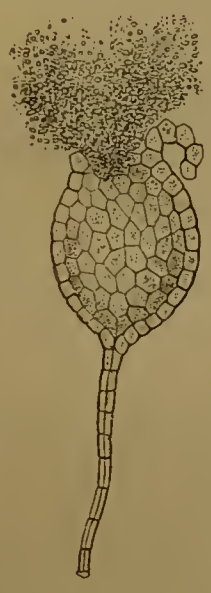


Fig. 73. – Anteridio de un musgo en su dehiscencia.

Fig. 74. — Arquegonio de un musgo.

Fig. 76. – Corte de la cápsula de un musgo mostrando la columnilla de cuatro brazos y el saco esporífero.

Fig. 78. – Germinación de esporos de *Funaria hygrometrica*.

llenas de clorofila. Hacia la parte media de la expansión foliar, sobre la capa parenquimatosa, hay varias filas de elementos celulares alargados, más estrechos y de membranas algún tanto resistentes, que pueden considerarse como un haz rudimentario.

Las hojas nacen á los lados de los tallos, derivando de una célula madre que se divide profusamente.

Reproducción y desarrollo. Los órganos reproductores, que aparecen en el centro de la roseta terminal de las hojas, son de dos clases; este musgo se reproduce por generación sexual y es dioico, es decir, que están en distinta planta los órganos masculinos que

los femeninos; los primeros reciben el nombre de *anteridios*, los segundos se llaman *arquegonios*.

Los anteridios tienen forma ovóidea, se hallan formados á veces de una sola capa de células; pero generalmente hay dos, una exterior que hace el papel de epidermis y otra interna, como muestra la figura 73. Las células interiores, cuando el órgano ha llegado á la madurez, se transforman en las llamadas *células madres de los anterozoides*, que tienen forma redondeada; el protoplasma de cada una se concentra, forma un corpúsculo que resulta después un *anterozoide* ó germen masculino. Estos gérmenes, dentro de la célula madre están arrollados, pero su forma es muy alargada y constan de una especie de cabeza ovóidea, que se estrecha en una extremidad y se prolonga en una cola muy larga terminada por dos cirros vibrátiles.

Cuando han llegado á la madurez los anteridios, las células de la extremidad se separan y las madres de los anterozoides salen al exterior; si hallan un medio húmedo, alguna gota de agua, dejan escapar á los gérmenes que contienen, y éstos, dotados de movimientos muy activos, llegan á ponerse en contacto de los arquegonios.

El órgano femenino ó arquegonio tiene la forma de una botella de largo cuello. Anatómicamente (fig. 74) está formado por capas de células, en el centro de las cuales se destaca una mayor, redondeada, dos á veces, que constituye el germen femenino; antes de la fecundación se llama *oosfera*, después de fecundada *oospora*. El cuello del arquegonio se halla formado por un tejido de una sola capa de células *(células del cuello)*, en medio de las cuales existe una fila de elementos celulares más pequeños y blandos *(células del canal)*, los cuales desaparecen cuando el órgano ha llegado á la madurez, quedando un canalito por el cual penetran los anterozoides para fecundar á las oosferas.

Anteridios y arquegonios, se hallan en la *Funaria* mezclados los fértiles con los estériles; éstos se denominan *parafisis* y pueden también considerarse como verdaderos pelos.

La fecundación tiene lugar de modo idéntico á como se realizaba en el *Fucus*, por la fusión del protoplasma que constituye á los anterozoides con el protoplasma de las oosferas. Estas, una vez

fecundadas, convertidas en oosporas, segregan una membrana envolvente, después se segmentan hasta constituir una masa celular elíptica, que, previo un proceso ulterior, da nacimiento á un órgano que se considera por los autores como producto de generación asexual; este órgano se denomina *esporogonio* y consta de un pedicelo delgado, cilíndrico, muy elástico, que se termina por una *capsulita* á veces, denominada *esporangio.*

Al principio el esporangio se halla formado por una masa compacta de células; pero bien pronto hacia el centro de esta masa se forma un espacio vacío circular, destacándose además de las paredes una porción central; el espacio vacío es el denominado *laguna.* La masa celular del centro sufre una serie de cambios que da por resultado la aparición de dos ó tres capas de células granulosas que reciben el nombre de *células madres de los esporos*, y á la especie de membrana que les envuelve, separándoles de la laguna, se le denomina *saco esporífero.* De aquellas células proceden por doble *bipartición*, cuatro esporos tetraédricos (fig. 75), provistos de doble membrana, que asemejan mucho á determinados granos de polen por su forma y por su estructura. Queda persistente en el interior de la capa esporífera, y por lo tanto en el centro de la cápsula, un tejido que forma lo que se denomina la columnilla (fig. 76).

Formados ya los esporos, la cápsula, que es dehiscente, se abre, destacándose el ápice, que forma un pequeño opérculo. El borde de la boca capsular, cuando el opérculo se separa, suele aparecer dentado, se denomina *peristoma* y sus dientes constituyen un carácter muy constante para la clasificación de los musgos (fig. 77).

Abierta la cápsula, los esporos salen al exterior, y si caen en tierra húmeda y en sitio sombrío germinan pronto, rompiéndose la membrana externa y dando salida á la interna, que se prolonga en diferentes sentidos (fig. 78), se divide y subdivide y produce filamentos ó expansiones celulares, ramificados por el suelo, constituyendo el protalo ó *protonema*, sobre cuyas ramificaciones nacen el tallo y las hojas de la plantita adulta. Este proceso se verifica del modo siguiente:

Desenvuelto el protonema, se forman acá y acullá en sus ramas tubos cortos que se separan por tabiques basilares y por uno ó dos tabiques transversales. La célula terminal se divide rápidamente

produciendo un pequeño tubérculo que crece por el ápice; en la base del tubérculo se producen pelos rizomorfos que penetran en el suelo, y en la extremidad superior se forman hojas, primero reunidas en una yema y que se van separando á medida que el tubérculo crece en longitud. Así, cada formación de éstas da lugar á una plantita, y como los protonemas son muy extensos y el número de plantitas que se produce en cada uno muy grande, resultan esas masas musgosas que son tan características.

Los musgos pueden también multiplicarse por yemas adventicias cuando llegan á la edad adulta, sin necesidad, por tanto, de la reproducción sexual; estas yemas aparecen sobre los rizoides y también es posible que se produzca directamente de una parte de la planta un protonema, que unas veces aparece sobre el tallo, otras sobre las hojas y hasta en determinados puntos de los órganos reproductores.

Talofitas y muscíneas. — La *Funaria hygrometrica* cuya organización y vida hemos descrito, es ejemplo de una de las grandes divisiones vegetales, de la que lleva el nombre de *Tipo de las Muscíneas*. El *Agaricus* y el *Fucus* pertenecen al primero de los tipos del mundo vegetal, el denominado *Tipo de las Talofitas*. Anotemos á grandes rasgos los caracteres, que los ejemplos elegidos nos proporcionan, para diferenciar aquellos dos grandes grupos sancionados por las modernas clasificaciones.

La simplicidad anatómica es quizá el solo lazo que une á la abigarrada colección de seres comprendida bajo el denominador común de talofitas; desde las formadas por un glumillo de materia protoplásmica, hasta las que se constituyen por un tejido de células bastante diferenciadas, hay un sinnúmero de términos intermedios: es seguramente este grupo el más extenso de los en que se dividen los vegetales.

No pasa el cuerpo de las talofitas del estado celular; aun variados, los elementos histológicos con que se forman son células tan sólo. En esto se diferencian ya de las muscíneas, que tienen fibrocélulas, constituyendo verdaderos haces primitivos como núcleo de los miembros del vegetal. Las talofitas son puramente celulares, las muscíneas pueden considerarse como fibrocelulares. No surge,

sin embargo, bruscamente este carácter en los musgos; hay términos intermedios, y éstos los ofrecen las algas superiores que pertenecen á un grupo denominado de las florídeas; se observa en ellas un principio de formación fibrosa, por lo menos se inicia en el centro de su talo diferenciación semejante á la de los haces primitivos de los musgos.

El aspecto general es también distinto en los vegetales de los dos primeros tipos; los musgos asemejan más á las plantas superiores, tienen miembros y órganos que recuerdan á las raíces, á los tallos, á las hojas y á los frutos; aun los anteridios y los arquegonios se parecen á los órganos reproductores masculinos y femeninos de las fanerógamas; ya hemos indicado que, no obstante tal apariencia, la distinción con éstos es bien marcada. Ni en las algas ni en los hongos, que forman las dos clases del tipo de las talofitas, hay nada que tenga semejanza con el tallo ni con las hojas ni con los frutos; las frondas de las algas, aun siendo verdes, no presentan el aspecto de hojas; las fructificaciones jamás se hallan pediculadas ni en forma de capsulitas, como en los musgos. Los órganos rizomorfos de las florídeas y fucáceas sí que son parecidos á las raicillas de los musgos.

Por los procedimientos de reproducción y por el desenvolvimiento de la nueva plantita, hay gran diferencia entre talofitas y muscíneas. En aquéllas, las formas de los órganos reproductores y la manera de producirse los gérmenes son variadísimas; sin embargo, siempre el desenvolvimiento es directo, no se desenvuelve el huevo como en los musgos, á expensas de la planta madre y sobre ella, en un embrión esporífero cuyos esporos han de dar lugar luego á la formación de un protonema; ocurre si acaso tal hecho en algunas algas florídeas; pero éstas ya hemos anteriormente advertido que son el lazo que une talofitas y muscíneas, los dos primeros tipos de los en que dividen las clasificaciones modernas á las plantas.

Es característica de los musgos también la manera como aparecen sobre el protonema el tallito y sobre éste las hojas.

Basta con los caracteres señalados para dar á conocer los dos grupos de que son tipo las plantas cuyo estudio morfológico y anatómico hemos hecho con la extensión que una obra elemental

TIPOS DEL REINO VEGETAL.—CRIPTÒGAMAS VASCULARES

(HELECHOS FÓSILES)

Stachypteris minuta, Sap.—1-3. Lomatopteris minima, Sap.—4-6. Lom. Moretiana Brongn.—7. Lom. Desnoyersii. Sap.—8. Scleropteris compacta, Sap.

to en dirección oblicua; esta cepa (fig. 79) es un tallo que recibe el nombre de *rizoma*. De él salen hacia la parte superior hojas de ancho limbo y pecíolo largo, muy próximas las unas á las otras, hasta el extremo de cubrir por completo el rizoma; éste y la base de las hojas se hallan recubiertos de largos pelos muy abundantes y de la base de los pecíolos, muy cerca del punto por que se insertan, nacen raíces de color negro, lustrosas, filiformes, ramificadas, que penetran en la tierra, y tan espesamente nacen que forman una masa de extenso radio á veces.

Fig. 79. — Aparato vegetativo de un helecho (*Asplenium*) Rizoma del cual nacen superiormente las hojas y hacia la parte inferior las raíces; en la extremidad se ven hojas en formación; aparte un pedazo de fronda fructífera con soros.

El aparato vegetativo de este helecho consta, pues, de tres partes, rizoma, raíces y hojas; después veremos que tiene también órganos reproductores asexuales que nacen en la cara inferior de las hojas; este aparato vegetativo tan desarrollado no es, pues, otra cosa que el soporte de los órganos asexuales; en cambio la plantita que soporta á los órganos de la generación sexual es humilde en aspecto y estructura, muy semejante á los vegetales de los otros grupos inferiores.

Rizoma. — No se ramifica; termina por una extremidad aplastada, libre, cerca de la que nacen las primeras hojas. Crece por el

ápice que se halla ocupado por una célula que tiene forma piramidal; con la forma de esta célula se relaciona estrechamente la disposición de las hojas.

La estructura del tallo de los helechos es mucho más complicada que la del tallo de los musgos; en aquéllos aparecen francamente diferenciados los haces fibroso-vasculares con su región vascular y su región liberiana; hay tejidos epidérmicos y tejidos apoteliales; se encuentra una zona cortical y una zona medular; los haces, dispuestos del modo que luego indicaremos, se hallan envueltos por células de un tejido conjuntivo rico en almidón, células que en el *Aspidium filix-mas* no tienen, como en otros helechos, sus paredes esclerenquimatosas, sino que por el contrario las tienen delgadas.

Los haces aparecen cuando comienza el desenvolvimiento del tallo, en forma de un cordón axial que más adelante se convierte en un cilindro continuo, y siguiendo el desarrollo, este cilindro aumenta de grosor, se separan de él haces distintos que no se hallan en posición paralela á lo largo del tallo, sino que se anastomosan y se ondulan, llegando en el tallo adulto á constituir una red de malla ancha, en cuya parte externa se destacan los haces que han de dar forma y solidez á las hojas ó frondas.

La disposición del tejido conjuntivo que rellena los espacios entre los haces es tal, que éstos, la corteza y la medula forman un todo continuo.

Al prolongarse el tallo por la segmentación de la célula terminal se producen sucesivamente segmentos apilados en dos ó tres series rectilíneas que forman un meristemo en el que muy pronto se distinguen tres regiones, la epidermis, la corteza y el cilindro central; en la periferia de este cilindro es donde aparecen los haces que se diferencian pronto de la base hacia el ápice en parte vascular y parte liberiana; todo el resto del cilindro da nacimiento al parenquima conjuntivo

En los haces se pueden hallar todas las formas de vasos, cribosos, escaleriformes, espirales, etc., etc.

Hojas. – Se insertan directamente sobre el rizoma y constan de dos partes, un *pecíolo* largo y un *limbo* de conjunto lanceolado, dividido en un gran número impar de hojuelas que presentan los bordes sinuosos; el pecíolo se continúa con un *raquis* en el cual

quedan insertas las hojuelas, y éstas á su vez tienen un nervio central con pequeñas nerviaciones laterales, bifurcadas á lo sumo.

Las hojas son órganos de importancia; tiene su limbo color verde, pues abunda en la región epidérmica la clorofila; en el envés nacen las fructificaciones asexuales; en el pecíolo se forman las yemas adventicias y del pecíolo arrancan también las raicillas.

Nacen las expansiones foliáceas cerca de la extremidad del rizoma, en posición sucesivamente alterna, dispuestas en espiral y en un principio con el limbo recogido, curvo, en forma de cayado y cubierto de abundantes pelos rojizos escuamiformes.

Es sencilla la estructura anatómica de la hoja; se compone ésta de una epidermis superior y otra inferior, formadas por células abundantemente provistas de materia verde; entre ambas membranas epidérmicas hay un parenquima rico también en clorofila, con grandes meatus en los cuales se desenvuelven pelos secretores; el parenquima se halla atravesado por los haces fibroso-vasculares de que se forman las nerviaciones. La epidermis contiene numerosos estomas y éstos se desenvuelven de un modo especial.

Las hojas nacen en el tallo por la segmentación de una célula periférica que se hace prominente; esta segmentación da lugar á que aparezcan dos series de segmentos con los cuales la hoja se inicia; persiste la célula terminal cuneiforme y sigue su vida generando una fila de células madres que continúan el crecimiento de la expansión. Puesto que la hoja crece por el ápice, la diferenciación suya ha de operarse por la base, y por esto los foliolos de ésta aparecen más separados, más adelantados en su formación y el conjunto de la hoja es lanceolado. El pecíolo se forma antes que el limbo.

No se desenvuelven las hojas en poco tiempo; su proceso de formación es largo; en el *Aspidium* tarda dos años en desenvolverse el limbo después de la aparición de la prominencia foliar; el primer año sólo se forma el pecíolo; á veces en los pecíolos que primeramente se desenvuelven se inician los tejidos del limbo, que hasta el año siguiente no ha de aparecer en toda su expansión.

Las hojas están aglomeradas hacia la extremidad del tallo porque los pecíolos nacen muy próximos los unos á los otros. Las ye-

mas tienen su origen á bastante distancia del punto en que el pecíolo se inserta.

Raíces.—Penetran en la tierra y se ramifican partiendo de la base de las hojas: son de color negro, brillantes y filiformes La producción de estos órganos absorbentes y de sostén es continua; á medida que el tallo se prolonga, se forman nuevas raíces.

La particularidad notable que ofrecen las del *Aspidium filix-mas* es la del punto de donde proceden; derivan de todos los pecíolos, y en la base de las yemas peciolares se las ve de ordinario. Su formación se debe á una célula subepidérmica ó del endoderma —que no está aún bien aclarada la cuestión—siempre próxima á los haces líberoleñosos.

Constan las raíces anatómicamente de tres zonas; una pilífera exterior cuyas células se prolongan en largos pelos; bajo ella se encuentra una corteza espesa que rodea á un cilindro leñoso bastante delgado. La corteza está coloreada, y sus células no tienen, como en otros helechos, paredes esclerosas, sino que son delgadas; frente á los haces leñosos hay células de mayor tamaño que las otras.

El cilindro leñoso está desprovisto de tejido conjuntivo central, es decir, de medula; comienza por una capa periférica de células hialinas, y consta de dos haces leñosos y dos liberianos, separados de aquéllos por algunos elementos conjuntivos. Los haces de la raíz son continuación de los que tiene el pecíolo.

La aparición de las raicillas se verifica desde la base al ápice de las raíces; cada ramificación procede de una sola célula madre endodérmica, que en el primer momento produce, segmentándose por tabiques oblicuos, otra célula de forma piramidal. Las raicillas se disponen en series longitudinales cuyo número se relaciona con el de haces leñosos.

Reproducción asexual. – Hemos ya indicado que todo el aparato vegetativo descrito pertenece á la fase asexual del helecho cuyo estudio hacemos. La reproducción asexual tiene lugar por esporas; éstas se producen en el interior de esporangios, que á su vez se hallan contenidos en órganos especiales denominados soros.

Los *soros* se hallan situados en la cara inferior ó dorso de las hojas, á uno y otro lado del nervio central, descansando sobre las

nerviaciones secundarias. Aparecen (fig. 80) bajo la forma de pequeños cuerpos reniformes, en dos filas en cada foliolo; sólo se forman en determinadas épocas del año.

Si damos un corte vertical á un foliolo de *Aspidium* de modo que pase por un soro, veremos que éste se halla formado por un pedículo celular que se apoya en el tejido de la nerviación; á los lados del pedículo están insertos sacos largamente pedunculados,

Fig. 80. – Porción de una fronda fructífera del *Aspidium filix-mas*, con los soros reniformes.

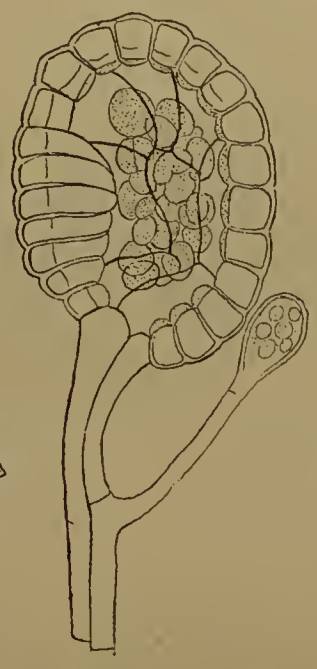


Fig. 81. – Esporangio de *Aspidium filix-mas* ya desenvuelto y con una glándula.

Fig. 82. – Esporangio de *Aspidium filix-mas*, después de la dehiscencia.

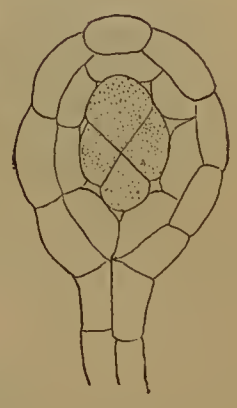


Fig. 83. – Esporangio joven de *Aspidium filix-mas* con células madres de las esporas.

que son los esporangios, y en la parte superior tiene su punto de apoyo una lámina que protege á los esporangios todos y se extiende sobre la superficie de la hoja tocando casi con sus bordes á la epidermis de aquélla; esta lámina protectora es la que recibe el nombre de *indusio*.

Los *esporangios* constan cada cual de una especie de saco ovóideo provisto de un pedículo largo con el que se insertan en derredor de la columnita central del soro que sirve de sostén al individuo. Derivan estos órganos reproductores de las células epidérmicas de la hoja, lo mismo que sucedía con órganos idénticos en las otras criptógamas estudiadas; morfológicamente pueden, pues, considerarse como derivados del tipo pelo. El pedículo se halla constituído por un escaso número de células alargadas; de ordinario

da nacimiento lateralmente á una glándula pedicelada (fig. 81) en forma de maza, que contiene un aceite esencial.

El cuerpo del esporangio maduro le forma una cavidad ovóidea, un poco aplastada, cuyas paredes constan de una sola fila de células poligonales; en la parte exterior se percibe un reborde saliente, compuesto de elementos celulares más espesos, que rodea al esporangio y por esto se ha denominado *anillo*. Este anillo es higrométrico y en determinada época se deseca rompiéndose, á cuya ruptura sigue la de las paredes del esporangio produciéndose una

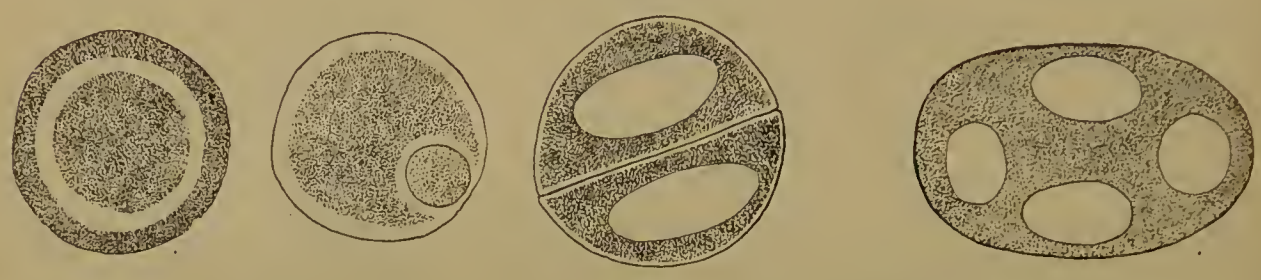


Fig. 84. – Desenvolvimiento de las esporas de *Aspidium filix-mas* (según Sachs). División de la célula madre en otras cuatro.

Fig. 85. – Desenvolvimiento del *Aspidium filix-mas*. Separación de las cuatro esporas y espora madura

hendidura lateral por la que escapan las esporas; este acto se conoce con el nombre de *dehiscencia* (fig. 82).

En su principio, el centro del esporangio no está hueco, sino ocupado por una célula que muy pronto se divide en cuatro *células madres de las esporas* (fig. 83); por segmentación de estas células se forman las esporas. El proceso de formación se halla representado en las figs. 84 y 85 debidas al eminente Sachs. La célula madre provista de núcleo sufre primero una transformación que da por resultado el que desaparezca el núcleo; aparecen después dos núcleos y posteriormente otros dos, quedando por último formadas cuatro células á expensas de la primitiva; estas células poco á poco se van separando hasta adquirir completa independencia; la última

figura representa una espora madura cuya membrana externa se halla adornada por grandes pliegues.

Cuando los esporos han llegado á la madurez, salen de los esporangios, el indusio se separa ó se abre, y los gérmenes asexuales, formando un polvillo tenue, se diseminan; los esporos que caen en circunstancias favorables no tardan en germinar originando la formación del pie sexual de la planta.

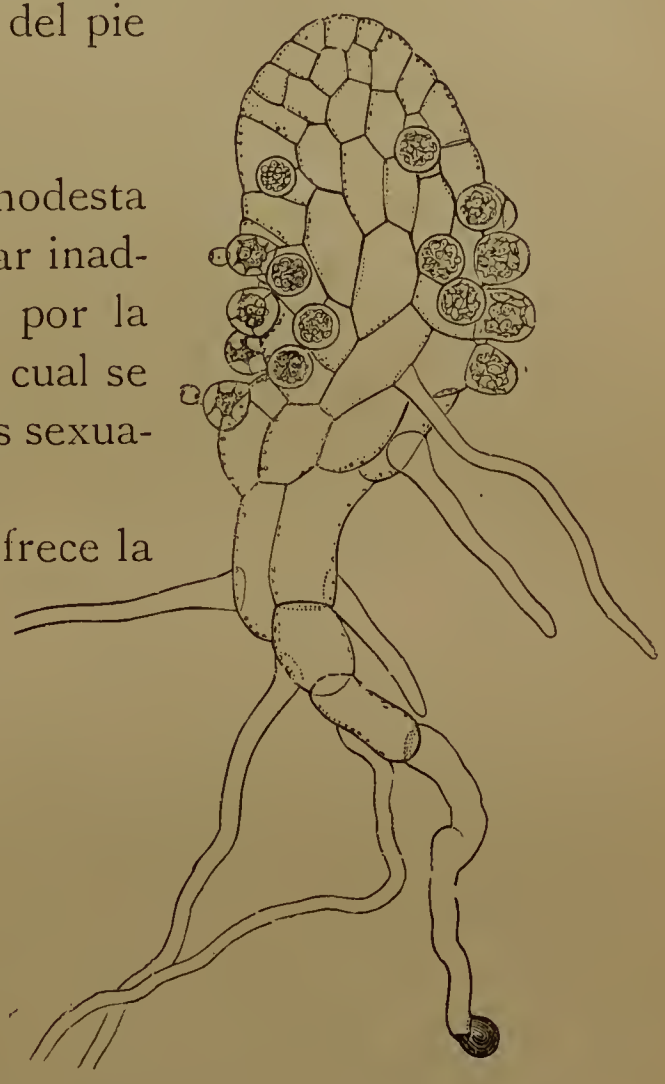


Fig. 86. — Protalo de un helecho (*Pteris*), visto por la cara inferior, y solamente con anteridios.

Generación sexual. – Una modesta plantita, que puede fácilmente pasar inadvertida, es el *protalo* producido por la germinación de las esporas, en el cual se originan los órganos reproductores sexuales, masculinos y femeninos.

Es curioso el contraste que ofrece la elegancia del aparato vegetativo en que los gérmenes asexuales nacen, con la humildad y sencillez de la expansión herbácea, uniforme casi, productora de anteridios y arquegonios. La vida completa no se realiza en un solo pie de planta, tiene lugar en dos pies distintos; es un caso curioso de *dimorfismo* motivado por la alternancia de una producción asexual de gérmenes y otra producción sexual de embriones, que desenvuelven un completo organismo vegetal. Pero como si la Naturaleza quisiera rodear de mayor misterio las funciones más trascendentales de la vida, el acto de reproducción sexual tiene lugar en el aparato simplicísimo que se llama protalo.

Tiene éste un contorno cordiforme y se fija al suelo húmedo en que aparece, por medio de filamentos radiculares semejantes en su estructura á los que existen en las talofitas, verdaderos pelos procedentes de las células que están en contacto con el suelo.

El protalo es completamente celular (fig. 86), sus células contienen clorofila y están dotadas de vitalidad grande. Al formarse tiene primero contorno triangular, pero luego se origina en la parte anterior una escotadura y la lámina adquiere la forma acorazonada. En esta lámina aparecen prominencias de dos clases; las unas son precoces, se hallan situadas en gran número en toda la parte posterior y lateral; en ellas se desenvuelven los elementos reproductores masculinos ó *anterozoides*, son los *anteridios;* las otras retardan bastante su aparición y toman sitio cerca de la escotadura anterior; son los *arquegonios* productores de las *oosferas* ó elementos femeninos que han de ser fecundados por los anterozoides.

En el *Aspidium*, los anteridios son prominencias celulares, que corresponden morfológicamente á los pelos; en ellas se forman un buen número de pequeñas células centrales, cada una provista de su vacuola; son las llamadas *células madres de los anterozoides.* Cuando el órgano ha llegado á la madurez, tiene que absorber cierta cantidad de agua, aumenta entonces de volumen y se rompen las paredes, saliendo al exterior los elementos masculinos, que tienen forma de cinta espiral, más ancha posteriormente y dotada en la parte anterior de muchos cirros vibrátiles con los cuales se verifica un doble movimiento de rotación y de traslación.

El arquegonio también nace de una célula de la cara inferior del protalo; es un mamelón saliente en cuyo interior hay una cavidad alargada, cuyas paredes forman cuatro filas de células; en el fondo está situada la oosfora, y en el resto de la cavidad, que es la parte denominada cuello del arquegonio, por gelificación de la membrana de una célula se origina cierta substancia mucilaginosa que llega hasta la oosfera y suele aparecer en la extremidad del órgano en una gotita redondeada.

Para que la fecundación tenga lugar es indispensable un suelo muy húmedo; gracias al agua los anterozoides se mueven en todos los sentidos, se ponen en contacto de los arquegonios, y retenidos por el mucílago y conducidos por él llegan hasta el fondo del órgano y se funden con la oosfera, convirtiéndola en *oospora*, en un verdadero huevo. Verificado este acto, el cuello del arquegonio se cierra, la oospora se rodea de una membrana y comienza el desenvolvimiento del huevo para transformarse en embrión. Este desen-

TIPOS DEL REINO VEGETAL.—GIMNOSPERMAS

(CICÁDEAS FÓSILES)

Cycadospadix (espádices femeninas).—8. Beania (cono femenino).—4. Zamiostrobus (cono femenino).—5. Zamia (parte de un cono)

volvimiento tiene lugar, pues, sobre el protalo y á expensas de los materiales nutritivos que el protalo tiene acumulados.

El huevecillo comienza por segmentarse en dos células que á su vez se dividen, constituyendo una masa de cuatro elementos histológicos, cada uno con su función propia; la célula superior posterior da lugar á que se forme una masa cónica que penetra en el tejido del protalo y está encargada de nutrir á las otras tres células; esta masa recibe el nombre de *pie:* la otra célula superior produce el tallo; de las dos inferiores, la de adelante forma la primera hoja, la de atrás forma á la radícula; con estos diversos órganos queda constituído el embrión.

Al desenvolverse el embrión sale fuera del arquegonio que le contiene, primero la radícula que penetra en el suelo, después la primera hoja que se extiende en el aire y á la cual siguen otras expansiones foliáceas; á la vez el pie y el protalo se desecan, alimentándose de un modo directo la nueva planta; poco á poco el rizoma se produce y se alarga, motivando la aparición de nuevas hojas y de raíces nuevas; el aparato vegetativo llega á la edad adulta y aparecen los órganos reproductores asexuales, repitiéndose el ciclo ontogénico.

El *Aspidium filix-mas* presenta ya caracteres de la jerarquía vegetal superior; un paso más y la vida vegetal habrá alcanzado su plenitud.

IV. – FANERÓGAMAS

(Estudio del *abeto*)

GENERALIDADES. – Un distinguido botánico francés, M. de Lanessán, publicó hace pocos años con el título de *Introducción á la Botánica* una notable monografía del *Abies excelsa*, el árbol que ofrece más grandiosidad de aspecto de cuantos vegetan en el dominio forestal del Norte de Europa, el *sapin* de los franceses, designado en nuestro país con los nombres de *abeto rojo* y *abeto falso* (1). Esta monografía nos proporciona las generalidades necesa-

(1) Estos nombres vulgares han debido tener su origen en el comercio de maderas. En España es dudosa la existencia del *Abies excelsa;* el *abeto* de la península es el *Abies pectinata* D. C. que habita en los Pirineos de Navarra, Aragón y Cataluña y en algunas sierras derivadas de la cordillera pirenaica. En la Serranía de Ronda existe otro abeto, el *Abies Pinsapo* Boiss , vulgarmente llamado *pinsapo.*

rias para agregar á las nociones de Anatomía y Morfología que trazamos un tipo representante del extenso grupo de las fanerógamas.

M. de Lanessán describe al *Abies excelsa* en las brillantes frases que transcribimos, porque á la vez indican la importancia del estudio de aquel árbol.

«Ornamento de nuestros parques, predilecto habitante de nuestras montañas, desde la zona forestal más inmediata al polo Norte hasta el Sur de los Pirineos, el abeto ofrece á la admiración del pintor la elegancia de su conjunto, la valentía de su elevación hacia el cielo, la belleza de su follaje verde sombrío, sobre cuyo fondo se destacan en primavera los puntos más claros de las nuevas ramas y las espigas amarillentas de sus flores masculinas. El paseante busca sus bosques limpios de hojarasca, tapizados de blandos musgos que cubren la tierra constantemente húmeda. Los poetas han repetido las monótonas canciones que el viento murmura en su ramaje; el hombre rodea de cuidados un tronco propio para mil usos ó hiende la corteza de donde brota un útil y abundante producto. En cuanto al naturalista, admira en este gigante uno de los árboles más viejos de nuestro mundo, uno de los testigos más antiguos de las transiciones sufridas por la superficie de la tierra durante las edades pasadas, cuya historia hipotética no podemos escribir sino por medio de monumentos arrancados á las entrañas del globo. Ve en este árbol soberbio una de las formas de transición que ligan el presente al pasado, los vegetales superiores á los inferiores, la elegante flor de nuestros parterres á los modestos líquenes que enrojecen la superficie de las rocas.

»Por esta última circunstancia he elegido al abeto para que sirva de base á un estudio general sobre la organización, el modo de vivir y la evolución de los vegetales.

»Colocado en los confines de dos grandes provincias en las cuales los botánicos acostumbran á distribuir todos los vegetales, el abeto nos permitirá investigar las analogías que aproximan y las diferencias que separan á los dos grandes grupos del reino vegetal: el de las fanerógamas, al que pertenecen las hierbas de nuestros prados, los árboles de nuestros bosques, los arbustos y las innumerables plantas que cultivamos por las flores, los frutos ó el follaje,

grupo cuyo nombre deriva de que todos los vegetales que le componen tienen órganos reproductores visibles, á veces flores de coloración brillante y suave aroma. Es en la parte inferior de este grupo donde el abeto se halla colocado. Enlaza las fanerógamas á las criptógamas, que forman la otra gran división del reino vegetal, división que denominó así Linneo porque las plantas que le forman no tienen nunca flores capaces de llamar la atención y los órganos reproductores que poseen están más ó menos ocultos á los ojos del vulgo. A este grupo pertenecen las algas, dotadas algunas de brillantes colores, que adornan las rocas de las costas ó embadurnan los cantos de los arroyuelos; los líquenes que se incrustan en las cortezas de los árboles; los hongos que crecen entre las hojas y los troncos podridos de las forestas; los musgos que tapizan el suelo de los bosques, las márgenes de los caminos y los pies de las murallas, etc.»

A simple vista se perciben en el abeto partes diferentes, miembros y órganos distintos. Sobre la tierra en que encuentra sostén y alimento, se eleva un *tallo* grueso en su base, sucesivamente más delgado hasta terminar casi en punta; del tallo, como si fuera la columna central del árbol, salen en derredor *ramas* distintas, generalmente en dirección perpendicular, ó también algún tanto inclinadas hacia abajo; las primeras de estas ramas son largas y distan bastante del suelo, ramificándose á su vez forman un piso de verdura, una verdadera alfombra suspendida en el aire, mecida por el viento; las ramas disminuyen en longitud á medida que están más elevadas, y de este modo el conjunto del árbol es cónico.

Cubren á las ramas y ramillas unos órganos verdes, de forma acicular; son las *hojas*, que tienen una longitud de tres ó cuatro centímetros y aparecen dispuestas de un modo desordenado cuando en realidad forman sus puntos de inserción espirales bien definidas. En la axila de las hojas pueden observarse unos cuerpecillos grisáceos de forma cónica, pequeño tamaño, escamosos en la superficie; reciben el nombre de *yemas*, y son ramitas en miniatura que han de desenvolverse hasta adquirir la forma y el tamaño de las en que se encuentran.

Suelen terminar muchos ramos por unos órganos cilíndricos,

gruesos, largos hasta de veinte centímetros, cubiertos de escamas leñosas, muy duras, empizarradas; estos órganos, que tienen coloración más ó menos rojiza, son los *frutos*. Si levantamos las escamas que en los frutos jóvenes se hallan con fuerza adheridas y en los maduros se desprenden con alguna facilidad, observaremos bajo cada una un cuerpo negruzco, oval, comprimido, recubierto de una especie de membrana; es la *semilla:* contiene bajo las cubiertas exteriores un *embrión*, germen procedente de la reproducción sexual cuyo desenvolvimiento da lugar á que se forme otro árbol como aquel de que procede.

Cerca de los frutos se encuentran en las ramas superiores unos conos pequeños, cubiertos también de escamas, pero éstas son membranosas, y encierran dos corpúsculos blanquecinos que tienen forma de botella; estos frutitos rudimentarios se consideran como *flores femeninas*. Las *flores masculinas* aparecen en primavera, en las ramas medias del árbol; están formadas por pequeños conos amarillentos, de los cuales se desprende un polvo amarillo, que es el destinado á fecundar las flores femeninas y recibe el nombre de *polen*.

Todos estos órganos, apoyados en los ramos, que á su vez derivan del tronco ó tallo, se extienden en el aire, y en contacto de la atmósfera viven realizando su función propia; pero la planta no sólo está formada por sus miembros y órganos aéreos, sino que tiene una parte que se extiende por el suelo. En efecto, si con cuidado y valiéndonos de los instrumentos precisos vamos separando la tierra al pie del tallo, observaremos que éste se continúa con una porción subterránea, también terminada en punta, ramificada y subramificada con profusión, sobre la que no aparecen órganos verdes, ni yemas ni flores ni frutos. Esta parte subterránea, que ocupa área extensa, es la *raíz*. Las últimas ramificaciones son sumamente delgadas, casi capilares, y guardan con el suelo tan íntimo contacto, que al extraerlas siempre salen unidas á ellas partículas minerales pulverizadas.

El abeto, tal como aparece ante nosotros, se halla formado de miembros y de órganos cuya morfología asemeja á la del *Asplenium* estudiado. Difieren sin embargo mucho por su anatomía y por su funcionalismo. En este elegante aparato vegetativo se opera la

generación sexual; no existe, como en el *Asplenium*, un pie vegetal para los gérmenes asexuales y otro rudimentario sobre el que aparecen los órganos sexuales, y se produce previa la fecundación una nueva planta.

Cada órgano de los indicados tiene función distinta; pasaremos rápida revista á todos ellos, indicando la estructura anatómica y la fisiología.

La Raíz. – Se extiende por la tierra en sentido opuesto al tallo, del cual es continuación; sus funciones son especiales y especial por tanto la estructura: pueden señalarse algunos caracteres que la distinguen del tallo; ya hemos indicado desde luego que ni tiene hojas ni yemas ni flores ni frutos. Hay además en las raíces una tendencia marcadísima á dirigirse hacia el centro de la tierra, huyendo de la luz, tendencia que recibe el nombre de *geotropismo positivo.*

Consta la raíz del abeto de una especie de eje ó tronco que se denomina *raíz principal*, de la cual proceden las raicillas; esta raíz principal es la que tiene el geotropismo positivo en mayor grado; las ramas que de ella derivan le pierden poco á poco, á medida que se separan de la principal. Suele ser ésta constante en el abeto, pero también puede desaparecer; cuando en su crecimiento encuentra una roca muy resistente, no crece más y se ramifica á los lados en gran número de ramas delgadas; lo mismo sucede si halla una corriente de agua; entonces las ramificaciones con que termina son filamentosas, forman flecos que nadan en el agua.

Tiene la raíz doble misión; sostiene el árbol al suelo, le fija y defiende así de los embates del viento; además son las raicillas órganos absorbentes, por los cuales penetra el agua del suelo en la planta y con ella las substancias disueltas; pueden también penetrar elementos sólidos merced á una especie de digestión que en los pelos radicales tiene lugar.

Darwin demostró que las extremidades de las raíces todas describen en el suelo una elipse, moviéndose hasta haberse dirigido á todos los puntos del horizonte; este movimiento fué denominado de *circunmutación* y es debido á que todas las células de la extremidad no crecen con la misma rapidez.

Las raíces del abeto, como las de la generalidad de las plantas, no son verdes, carecen de clorofila.

En la ramificación de las raíces del abeto se observa que no hay dos raicillas de la misma edad, lo que indica que se produce cada ramilla aisladamente; ninguna tiene la extremidad bifurcada, todas ofrecen terminación entera; las sucesivas que aparecen se separan de las preexistentes cada vez más, ocupando así un más amplio radio; cada ramificación se inserta á cierta distancia de la extremidad de la rama en que se forma; las ramas son siempre laterales, nunca terminales; este género de ramificación se llama *monopodio*. Como la extremidad de las raicillas queda libre, puede seguir creciendo de un modo indefinido.

Para estudiar la anatomía en la raíz del abeto conviene elegir primero unas raicillas de tres á cinco milímetros de grosor y dar en ellas cortes longitudinales, transversales, radiales y tangenciales, examinándolas después detenidamente al microscopio.

Hallaremos, partiendo de fuera adentro, según Lanessán, algunas capas amarillentas de corcho, procedentes de la suberización de las células superficiales de la corteza; un parenquima cortical de grandes células irregularmente poligonales, entre las cuales existen espacios intercelulares; un círculo completo de haces libero-leñosos de idéntica organización á la que tienen los haces en el tallo, pero formados por elementos más anchos y que se prolongan además hacia el centro de la raíz, donde se confunden, careciendo este miembro de la medula que la generalidad de los tallos tienen. La parte leñosa aparece dividida en tres capas por la desigualdad de los elementos histológicos. Lo mismo por el leño que por la corteza se distribuyen canales secretores.

Esta estructura puede considerarse como típica de la raíz adulta del abeto; las raíces muy jóvenes difieren mucho anatómicamente del tipo descrito.

Si examinamos una raicilla apenas formada, la hallaremos recubierta de pelos unicelulares, verdaderos tubos ciegos, de forma de dedo de guante, que son los órganos absorbentes; estos pelos no proceden de la epidermis, puesto que carecen de ella las raíces; proceden de la capa externa cortical, á la que se denomina *capa pilífera*. Debajo de ésta hay otra de parenquima cortical y debajo

una tercera endodérmica. El cilindro central está provisto de una medula bien distinta, en derredor de la que hay un corto número de haces leñosos formados de elementos cuyo contorno es poligonal si se mira en un corte transverso. Entre los haces leñosos aparece un parenquima representante de los radios medulares que unen la medula á la corteza, y en este parenquima se observan haces que tienen el aspecto de liberianos. Esta separación y alternancia de los haces liberianos y leñosos sólo se verifica en las raíces jóvenes y de un modo pasajero; muy pronto se unen las dos clases y se integra el haz libero-leñoso con sus caracteres ordinarios.

Cuando la raicilla avanza en edad, los pelos se caen y la capa pilífera desaparece, á la vez que se suberizan las células situadas debajo. En la extremidad de las raicillas se observa una formación celular especial, cuyas células se van desprendiendo á medida que envejecen; pero alcanza en el abeto escaso desarrollo.

El tallo. — Por su aspecto general corresponde á los que se denominan vulgarmente *troncos;* es cilíndrico, resistente, de fuerte madera, alto, grueso en su parte inferior, de menor diámetro á medida que nos elevamos en él.

El tallo se dirige en sentido opuesto á la raíz; ésta tiende al centro de la tierra, aquél se eleva en el espacio; tal tendencia se denomina *geotropismo negativo.* El abeto presenta esta propiedad en alto grado; pocos árboles se elevan como él presentando el tallo erguido, recto en toda su extensión, sin ondulaciones ni irregularidades.

El tallo se halla ramificado; las ramas al nacer se levantan como el tronco, siguiendo una dirección casi paralela á él; pero á medida que aumentan de grosor la pesantez las obliga á divergir, y primero se colocan en dirección perpendicular al eje del tallo y después se inclinan hacia el suelo.

Las ramas del abeto, como las de todas las plantas, en su extremidad ofrecen la circunmutación que en las raíces hemos también observado. Son además *positivas heliotrópicamente;* es decir, que buscan la luz en vez de huir de ella, como las raicillas.

Cuando nacen, las ramas se hallan recubiertas de una epidermis verde, tienen clorofila; ésta desaparece pronto, y por ello lo

mismo el tallo que las gruesas ramificaciones se hallan recubiertos de una corteza rugosa, agrietada.

Nacen las ramas generalmente tres ó cuatro al mismo nivel del tronco, formando *verticilos*, cuya disposición mantiene muy bien el equilibrio del conjunto y le da solidez y flexibilidad para resistir los accidentes atmosféricos. Deriva cada ramilla de una yema que se desenvuelve en la axila de una hoja; pero no ocurre esto en las hojas todas, que son numerosísimas, sino en muy pocas. Ni los ramos ni el tallo se bifurcan; cuando en alguna ocasión aparecen bifurcados es debido á que el crecimiento se ha detenido y junto á la extremidad se han desenvuelto dos yemas opuestas.

La primera función del tallo es servir de soporte á las hojas y á los órganos florales, que no son otra cosa sino hojas transformadas. Los ramos jóvenes, verdes, provistos de clorofila, pueden desempeñar las mismas funciones que las hojas.

Sirve además el tronco de órgano de sostén, y él y las ramificaciones forman el aparato por donde los jugos circulan. La fortaleza del tronco y su flexibilidad es debida á que de una parte los elementos histológicos principales que le constituyen tienen formas alargadas, y de otra parte son elementos pasivos, de paredes endurecidas por la aglomeración de celulosa.

El estudio de la anatomía del tallo exige ciertos preparativos que pueden aplicarse igualmente á la raíz. Lanessán describe la operación del modo siguiente:

«Se toma una ramita de abeto que tenga próximamente un grosor de cinco á seis milímetros; en ella se encuentran ya formados todos los elementos que importa conocer, si bien los tejidos no tienen la dureza que más tarde adquieren, por lo cual los cortes en la ramita son fáciles de hacer valiéndose de un microtomo cualquiera. Se dan cortes transversales y cortes longitudinales, uno que pase por el eje mismo de la rama y otros paralelos á éste y á diferentes distancias. Es conveniente hacer hervir las delgadas laminitas obtenidas, durante uno ó dos minutos, en una solución de anilina en ácido acético, agregando una gota de ácido sulfúrico.»

El mencionado autor emplea este reactivo del siguiente modo: Disuelve en el ácido acético azul de anilina hasta obtener una solución obscura. Depositando una gota de esta disolución sobre el

corte que se va á observar, se colorean de azul todos los elementos más avanzados en edad, mientras los más jóvenes permanecen incoloros; se favorece mucho el resultado empleando la disolución á una elevada temperatura, y más si el corte se hace hervir en el líquido durante uno ó dos minutos, como debe hacerse tratándose del abeto. Es muy conveniente agregar unas gotas de ácido sulfúrico ordinario, en cuyo caso se destruye el contenido de los elementos histológicos, y reducidos éstos á sus membranas, se diferencian con gran claridad, pudiéndose apreciar bien los contornos, la figura y los accidentes de la superficie.

Puesto el corte transversal al microscopio, el observador hallará, yendo de lo externo á lo interior:

1.° Varias capas de células poliédricas, algún tanto irregulares, con las paredes espesas, sin contenido alguno; forman el tejido suberoso, el *corcho*, que procede de la suberización de las células epidérmicas; este corcho no existe en las ramitas muy jóvenes, sino que ocupa su lugar una epidermis verde idéntica á la que recubre á las hojas.

2.° Dos ó tres series de células anchas, unidas sin dejar espacios intercelulares, que cuando no se les ha tratado previamente por los reactivos contienen corpúsculos clorofílicos; esta zona ha sido llamada por Lanessán *subero-cortígena*, pues las células que le forman producen exteriormente corcho y hacia la parte interna parenquima cortical.

3.° Muchas filas de células constituyendo una amplia zona cortical, cuyos elementos histológicos tienen contornos irregulares y dejan entre sí espacios vacíos ó meatus; contienen las inmediatas á las capas subero-cortígenas algo de clorofila y las demás gránulos de almidón; forman un tejido parenquimatoso, en medio del cual aparecen grandes espacios anulares bordeados por células más pequeñas y que en cortes frescos se hallan llenos de resina; son los *canales secretores* que tienen grosor muy variado.

4.° El *líber* de estructura algún tanto complicada, formado por haces radiantes de células que tienen el contorno cuadrangular, la cavidad muy estrecha y las paredes espesas y brillantes; estos son los que se denominan *haces liberianos;* entre ellos hay grandes células cuadrangulares llenas de cristales de oxalato cálcico. Se

hallan separados los haces unos de otros por filas de grandes células que tienen las paredes llenas de grandes puntuaciones redondeadas y contienen pequeños gránulos de almidón muy brillantes; estas filas se conocen con el nombre de *radios medulares.*

5.º El *cambium;* una estrecha zona de células muy aplastadas, llenas de vida si la observación se practica en la primavera, que se dividen y subdividen con profusión; son estas células las que producen hacia afuera nuevos haces liberianos y hacia el interior una zona anual de leño que se agrega á las preexistentes; así van creciendo cada año lo mismo la madera que la corteza.

6.º La *madera*, constituída por haces semejantes á los del líber; en la ramita joven que estudiamos, los haces son de células alargadas que presentan un contorno cuadrangular y están separados por los radios medulares que constan aquí tan sólo de una fila de células; se observan también en la madera dos ó tres zonas que se componen cada una de dos partes, una parte interior de elementos histológicos pequeños y otra parte externa cuyas células son de mayor tamaño; si el número de zonas es dos, indican que la ramita tiene dos años, tres años si hay tres zonas.

7.º La *medula* es la parte central de la ramilla; la última de las regiones que en la estructura del tallo se diferencian. Está formada por células parenquimatosas, redondeadas ó poligonales, blandas, que dejan entre sí grandes espacios.

Para formar juicio completo de la estructura que presenta el tallo del abeto es necesario estudiar á la vez que el corte transverso indicado, alguno ó algunos cortes longitudinales. En ellos podremos reconocer especialmente la morfología y la disposición en los elementos histológicos en el líber y en la corteza.

El líber en el corte longitudinal, consta también de tres clases de elementos; células de paredes delgadas y amplia cavidad, cuadrangulares, llenas de cristalitos de oxalato cálcico; forman el parenquima liberiano; células más estrechas que las anteriores y alargadas, con las paredes transversas perforadas de agujeritos; se les denomina *tubos cribosos.* El tercer elemento son las fibras liberianas, de cubierta tenue, forma alargada, puntiagudas en las dos extremidades y desprovistas de relieves en la superficie.

Los haces leñosos, en corte longitudinal, aparecen formados de

fibras muy alargadas y entre ellas pequeñas masas de células que representan á los radios medulares; las fibras ofrecen *puntuaciones areoladas*, carácter propio de muy limitado número de vegetales. Hay también en la madera algunas células parenquimatosas semejantes á las del líber, pero son escasas en el abeto. Cerca de la medula se observan algunas fibras especiales, puntiagudas, como las otras, en cuya superficie hay un relieve espiral; se las denomina *tráqueas*, pues por su aspecto son semejantes á las tráqueas de los insectos. Se encuentran también junto á las tráqueas *fibras reticuladas*. Estas dos últimas clases de elementos son muy raros en las coníferas y frecuentes en las otras fanerógamas.

Si los cortes se dan en la extremidad de las ramillas, no se encuentran las zonas diversas que hemos indicado; el tejido en aquella región, por la que se verifica el crecimiento de la rama en longitud, es un *meristemo* de células todas semejantes; más abajo de la extremidad ya se observan dos clases de elementos, los centrales, que son alargados, y los de la periferia, iguales á los de la terminación. Inferiormente la diferenciación histológica se halla más adelantada y pueden observarse tres zonas: la externa epidérmica, que recibe el nombre de *dermatógeno;* la media, representante del parenquima cortical, denominada *periblema*, y la interna, el cilindro central de donde proceden los haces líbero-leñosos y la medula, á la que se llama *pleroma*. A medida que descendemos desde esta parte los elementos se van disponiendo en la forma que los hemos encontrado estudiando una ramilla de dos ó tres años.

Un distinguido micrógrafo español, el Sr. Castellarnau (don Joaquín María), ha obtenido resultados satisfactorios fundando la clasificación de las coníferas de nuestra flora en los caracteres microscópicos del leño, consignando sus observaciones en un notable trabajo (1). Al género *Abies* le asigna los caracteres siguientes:

«Radios medulares formados de una sola clase de celdillas. Sin canales resiníferos, y cuando existen celdillas secretoras de un modo regular y constante, es siempre en el límite exterior de los anillos anuales. Poros areolados dispuestos en dos filas, en los tabiques de

---

(1) *Estudio micrográfico de la madera de las coníferas españolas (An. Soc. esp. de Historia Natural*, tomo XII. Madrid, 1883).

unión longitudinal de las traqueidas de primavera; el diámetro de los mayores pasa de 20μ.»

El abeto de España *(Abies pectinata)* se caracteriza por tener en el *límite exterior de los anillos anuales, varias hileras de células secretoras,* cuya particularidad no ofrece el *pinsapo* de la Serranía de Ronda.

Las Hojas. – Cubriendo las ramas jóvenes, se observan en el abeto unos órganos verdes, aciculares, trígonos, que son las hojas. Estas aparecen dispuestas irregularmente, si bien puede descubrirse, con un atento estudio, la ley á que obedecen en su colocación.

No son las hojas del abeto como las de la mayor parte de las fanerógamas; en la hoja de un olmo, por ejemplo, observamos una gran expansión plana sujeta por un pedículo á la ramilla en que se asienta; la expansión recibe el nombre de *limbo* y el pedículo el nombre de *pecíolo.* En el abeto no puede decirse que existan estas dos partes; sucede, como en la hoja del pino, que el limbo es muy estrecho y sus bordes se hallan arrollados, de aquí la forma acicular.

Las hojas del abeto son persistentes; no caen en el invierno dejando á las ramas huérfanas de protección; cuando una rama pierde las hojas puede considerársela muerta.

Las hojas son susceptibles de muchas transformaciones; es seguramente el órgano que á más diversas funciones se acomoda y por lo tanto que reviste más variadas formas. De las hojas proceden los órganos florales todos, hojas transformadas son los frutos, y hojas son también las escamas que cubren algunos órganos, las llamadas bracteas, estípulas, etc., etc. En el abeto sólo podemos considerar como hojas transformadas, de la categoría de las *bracteas,* á las escamas que cubren antes de la primavera, antes de abrirse, á las yemas; son estos órganos secos, duros, escamosos, cubiertos de resina, rojizos; han perdido las condiciones y el aspecto de las hojas acomodándose á una misión protectora.

Son los órganos foliares geotrópicamente negativos como los tallos; tienden hacia el espacio, y toman esta disposición al nacer, inclinándose después con frecuencia, solicitados por la pesantez.

En el interior de las yemas, las hojas del abeto ni se doblan ni

repliegan como en otras plantas; tienen la forma de pequeñas barillas derechas, aplicadas las unas contra las otras.

Están dotados estos órganos de la circunmutación lo mismo que las raíces y que los tallos; la extremidad de la hoja describe, según Darwin, una elipse alargada y estrecha; el mismo célebre autor comprobó que á la vez del movimiento giratorio, cada hoja desciende ligeramente por la mañana y se eleva algún tanto por la tarde; de aquí los movimientos que se denominan *nictitrópicos* ó *sueño de las hojas* que tan acentuados se hallan en algunas leguminosas.

Están dotados los apéndices foliares de heliotropismo positivo, á veces tan enérgico que motiva curiosos movimientos; ellos prueban las relaciones estrechas que median entre las hojas y la luz; de esta relación nacen precisamente las importantes funciones que las hojas realizan. Para favorecer tales funciones es necesario que los órganos foliares ofrezcan amplia superficie; en el abeto ya que no la ofrece cada hoja se compensa el hecho por la extraordinaria abundancia de estos órganos. La principal misión fisiológica de la hoja se debe á la clorofila que tiene.

El examen anatómico de la hoja puede hacerse dando un corte transverso en el que se observan, de fuera adentro, las zonas siguientes:

1.ª La *epidermis*, con la superficie externa de sus células cuticularizada; de trecho en trecho se observan estomas con su cámara aérea.

2.ª Una zona de células esclerosas, alargadas en el sentido del eje longitudinal de la hoja.

3.ª Parenquima de grandes células, formando filas numerosas, sin espacios intercelulares, muy abundantes en protoplasma y éste rico en corpúsculos clorofílicos.

4.ª Un parenquima central que forma una zona circular, rodeada por el parenquima anterior.

5.ª Un haz libero-leñoso organizado de un modo semejante á los del tallo, con la sola diferencia de que falta la zona de cámbium; la parte leñosa del haz corresponde á la cara interna de la hoja, la parte liberiana á la cara exterior.

6.ª Células de puntuaciones areoladas en medio del paren-

quima central, correspondiendo á lo que se llaman haces secundarios en las hojas de otras fanerógamas.

Los haces de las hojas del abeto son simples, no se ramifican.

Si por medio de cortes oportunamente dirigidos observamos la zona por donde se unen las hojas á las ramillas, podremos ver que los haces foliares son continuación de los caulinos; el parenquima cortical del tallo se continúa con el de la hoja y lo mismo sucede con la epidermis. Hay por lo tanto una relación estrecha entre estos órganos apendiculares verdes y el eje del vegetal, relación que implica en aquéllos dependencia de éste.

Una estructura algún tanto análoga á la de las hojas tienen las escamas que cubren á las yemas; constan tan sólo de una capa epidérmica sencilla y un parenquima de células irregulares en el que se hallan pequeños haces libero-leñosos.

Órganos reproductores. — Tiene el abeto reproducción sexual y hay por tanto en él órganos masculinos y órganos femeninos; mas éstos no se hallan reunidos, sino separados, pero en el mismo árbol; disposición por la que el vegetal que describimos recibe el nombre de *monoico*.

Las flores masculinas son numerosas, más que las femeninas, y se hallan colocadas en la extremidad de las ramas inferiores; son las más sencillas de las que presentan las plantas fanerógamas y se hallan reunidas en grupos ó *inflorescencias* denominadas *amentos*. Esta disposición no es la frecuente en las plantas superiores, sino que de ordinario las flores tienen vistoso aspecto y sus agrupaciones llaman desde luego la atención de las gentes.

Cada amento, exteriormente se halla formado por escamas numerosas, aplicadas las unas á las otras, apoyadas sobre un ramito que sirve de eje.

Separemos una de las escamas y examinándola con una lente de aumento la hallaremos formada de una parte básica gruesa y otra plana superior, de figura de ala, que forma con la otra parte un ángulo y tiene el borde dentado hacia la parte externa. Si cortamos la porción básica la hallaremos hueca, con una cavidad interna dividida por un tabique medio en dos; cada una de éstas está llena de pequeños gránulos redondeados.

Al conjunto de la escama, que es un completo órgano masculino, se da el nombre de *estambre;* la región básica es la *antera;* el tabique que separa las dos cavidades de ésta se llama *conectivo* y á los gránulos que contiene se les da el nombre de *granos de polen;* la parte básica se halla unida al eje del amento por un corto pedículo, que es un *filamento.* Consta, por tanto, un órgano masculino ó estambre, de filamento, antera y polen.

Cuando la inflorescencia está en sazón, el eje leñoso crece, las escamas se separan y las anteras se abren, este último fenómeno se llama *dehiscencia de las anteras.* Como los órganos masculinos son numerosísimos, cuando las anteras se abren se produce en un bosque de abetos una lluvia de granos de polen que á veces torna ciertos espacios del suelo de color amarillo. Cada gránulo polínico es un germen masculino: representa al anterozóideo que hemos estudiado en las criptógamas, y está encargado de fecundar á los elementos femeninos, que son los óvulos.

La inflorescencia masculina asemeja á un ramillo con hojas, que son los estambres; así es en realidad: los hechos, la evolución morfológica del árbol, lo prueban de un modo concluyente. Difieren sí de las hojas ordinarias las escamas de los amentos; pero derivan de aquéllas, si bien sufriendo las transformaciones á que su función les obliga.

La estructura anatómica del estambre no puede ser más sencilla; asemeja á la de las escamas protectoras que derivan de las hojas. En la antera, las paredes constan de una capa exterior de grandes células que tienen la membrana lisa hacia la parte interna y hacia la externa; pero los tabiques laterales ofrecen una superficie con prominencias lineales muy salientes. Esta capa, que es muy elástica, determina por su ruptura la dehiscencia de la antera. En la cara dorsal de ésta se apercibe un pequeño haz rodeado de algunas células parenquimatosas.

Cuando la antera es joven, recién formada, la parte media está llena de tejido celular y en él aparecen células especiales denominadas madres del polen, las cuales se segmentan dando lugar á los gránulos de éste cuando ya la pared de la antera se halla formada y el centro es una cavidad.

Los granos de polen, son pues en un principio simples células

cuya membrana se desdobla en otras dos, una interna tenue llamada *intina* y otra superficial á la que se da el nombre de *exina*; ésta se prolonga mucho lateralmente y forma así dos especies de alas (fig. 87) que favorecen muchísimo el transporte de los granos de polen por medio del viento.

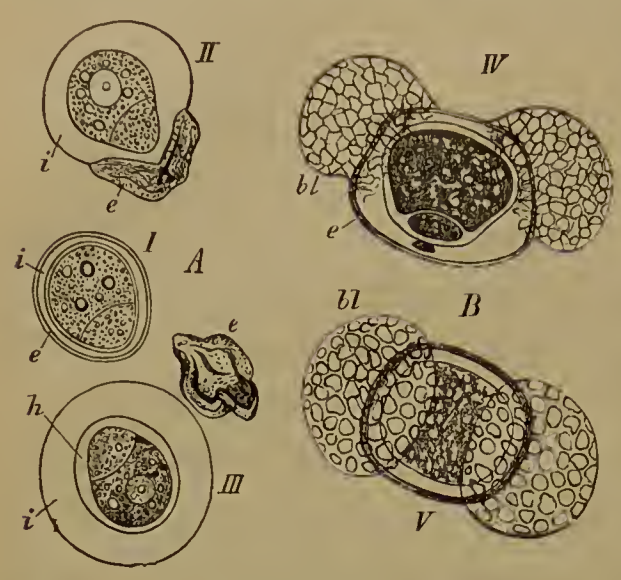


Fig. 87. – Granos de polen de coníferas. *A*, de *Thuja orientalis;* I, grano fresco; II y III gránulos hidratados (*e*, exina; *i*, intina); *B*, de *Pinus pinaster* (*bl*, prolongaciones aliformes de la exina).

Antes de la fecundación, los granos polínicos se dividen por un tabique de la forma de un cristal de reloj en dos células de diferente dimensión y de distinta misión fisiológica. La célula mayor es la que se destina á fecundar al óvulo; la más pequeña aumenta posteriormente de tamaño y se divide formando en el grano de polen un cuerpo bicelular, saliente y que es designado por los botánicos modernos con el nombre de *protalo masculino* (fig. 88).

Las flores femeninas se hallan situadas en las ramillas superiores del abeto; están también agrupadas en amentos que son fusiformes, alargados y están constituídos por escamas de dos clases, unas muy cortas, delgadas, con finos dientes en los bordes; otras mucho más largas, gruesas y duras, truncadas en el extremo, anchas, con los bordes enteros, algo sinuosos y replegados hacia la parte inferior; estas dos clases de escamas se hallan siempre dispuestas de tal modo que sobre una de las delgadas se inserta otra de las gruesas; en la cara inferior de cada una de estas últimas, cerca de la base, hay dos cuerpos blanquecinos que son los verdaderos órganos reproductores hembras. A las escamas gruesas se les llama *escamas fructíferas;* á las delgadas, que son estériles, se les conoce con el nombre de *bracteas.*

Examinando los órganos reproductores femeninos con la lente, los hallaremos compuestos de un pequeño saco con un orificio cuyos bordes forman dos labios, uno más largo que el otro; en el fondo de este saco se halla la célula femenina que ha de ser fecundada por el polen, el *óvulo.*

La cavidad en que el óvulo se encuentra encerrado es la que se denomina *ovario*. Estas partes tienen otra disposición muy distinta en la generalidad de las plantas fanerógamas, como en su lugar veremos.

Consideran los botánicos que el germen femenino del abeto y de los vegetales análogos á él está desnudo; no tienen en cuenta la escama fructífera, que es su órgano protector, y no juzgan que existe ovario como en otras fanerógamas, y por esta razón á las plantas de que es tipo el abeto les llaman *gimnospermas*, denominándose *angiospermas* las que tienen los gérmenes femeninos en el interior de ovarios con sus cubiertas protectoras.

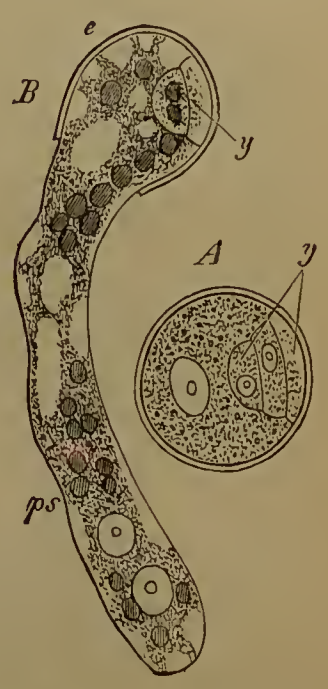


Fig. 88. – Segmentación del grano de polen en la *Ceratozamia longifolia* y producción del tubo polínico y del protalo masculino. *A*, grano de polen segmentado; *B*, el mismo emitiendo el tubo polínico *ps*.

Se consideran estos órganos, lo mismo que las flores masculinas, como hojas transformadas y su estructura interior, su anatomia, comprueba tal opinión.

El óvulo aparece unido por su base al fondo del saco en que se produce; es cónico, ligeramente deprimido en la extremidad libre.

Antes de la fecundación, es el óvulo una masa celular, de elementos pequeños, poligonales; se destaca en dicha masa una célula de mayor tamaño, casi terminal, que recibe el nombre de *célula embrionaria*; el núcleo de ésta se divide muy pronto, acompañándole en la segmentación el protoplasma hasta formar una masa que llena por completo el saco embrionario y es denominada *endosperma*. Dos de las células de este endosperma, á veces más, adquieren mayor talla y se alargan en la dirección mayor del óvulo; cada cual de estas células se subdivide pronto en dos desiguales; una mayor, que se llama *oosfera* ó *huevo*, y otra pequeña, que segmentándose profusamente produce las denominadas *células del cuello*.

Los grandes elementos histológicos del endosperma son conocidos por *células* del arquegonio, y el conjunto que de ellas deriva (*oosfera* y *células del cuello*) es el *arquegonio* (fig. 89), semejante, como puede recordarse, al de las criptógamas superiores.

Cuando el óvulo ha llegado á este desenvolvimiento es cuando se halla en disposición de fecundarse.

Embriogenia. Para que en el huevo ú oosfera comience la actividad vital que da por resultado el desenvolvimiento embrionario, es indispensable un acto previo, importantísimo, que recibe el nombre de *fecundación*, acto que consiste en la fusión del protoplasma que encierra el grano de polen con el que encierra la oosfera; para que la fusión tenga lugar, forzosamente han de ponerse en contacto los elementos sexuales masculinos y femeninos.

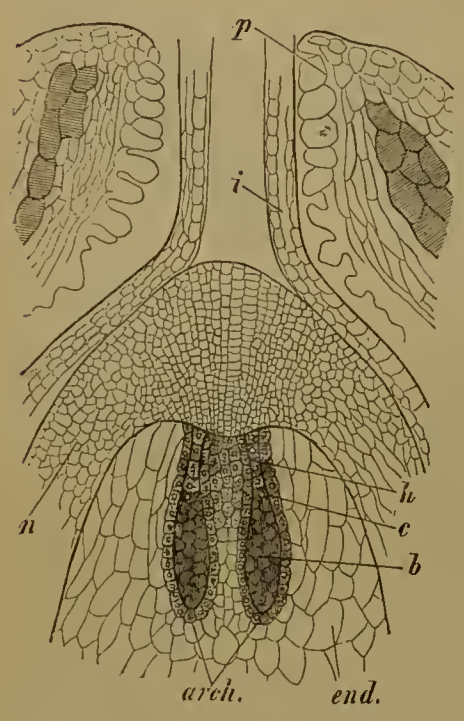


Fig. 89 – Corte de una parte de la semilla de *Ephedra altissima* antes de fecundada (Strasburger). *end*, endosperma; *arch*, arquegonio.

Hemos anotado en una de las páginas anteriores el hecho de que existen en un mismo abeto flores masculinas y femeninas; la disposición de unas y otras impide que el polen de una planta fecunde á los huevecillos de la misma; en efecto, las flores masculinas se hallan en las ramas inferiores y las femeninas en las ramas de arriba; al caer el polen por la dehiscencia de las anteras no cae sobre los amentos femeninos, sino sobre el suelo. Precisa el concurso de un agente intermediario; la fecundación tiene que ser cruzada, la *autofecundación* imposible. Este agente intermediario no puede ser otro que el aire; el abeto es *anemófilo*; otras plantas necesitan el concurso de los insectos y se denominan *entomófilas*. Se observa, por regla general, que la morfología de las flores está relacionada con el agente que favorece á la fecundación; las plantas anemófilas tienen flores modestas que pueden pasar inadvertidas; las entomófilas, por el contrario, están provistas de flores aromáticas ó vistosas con las que pueden atraer á los insectos.

La fecundación por el aire es bastante imperfecta; se pierde muchísimo polen; por esto la producción de gránulos es muy grande. En cambio por el viento puede llegar el polen á grandes distancias; favorece esta marcha la forma que los granos tienen y que hemos

indicado antes; á veces el polvillo polínico de los abetos es transportado á muchos kilometros de distancia; conócense hechos de esta naturaleza.

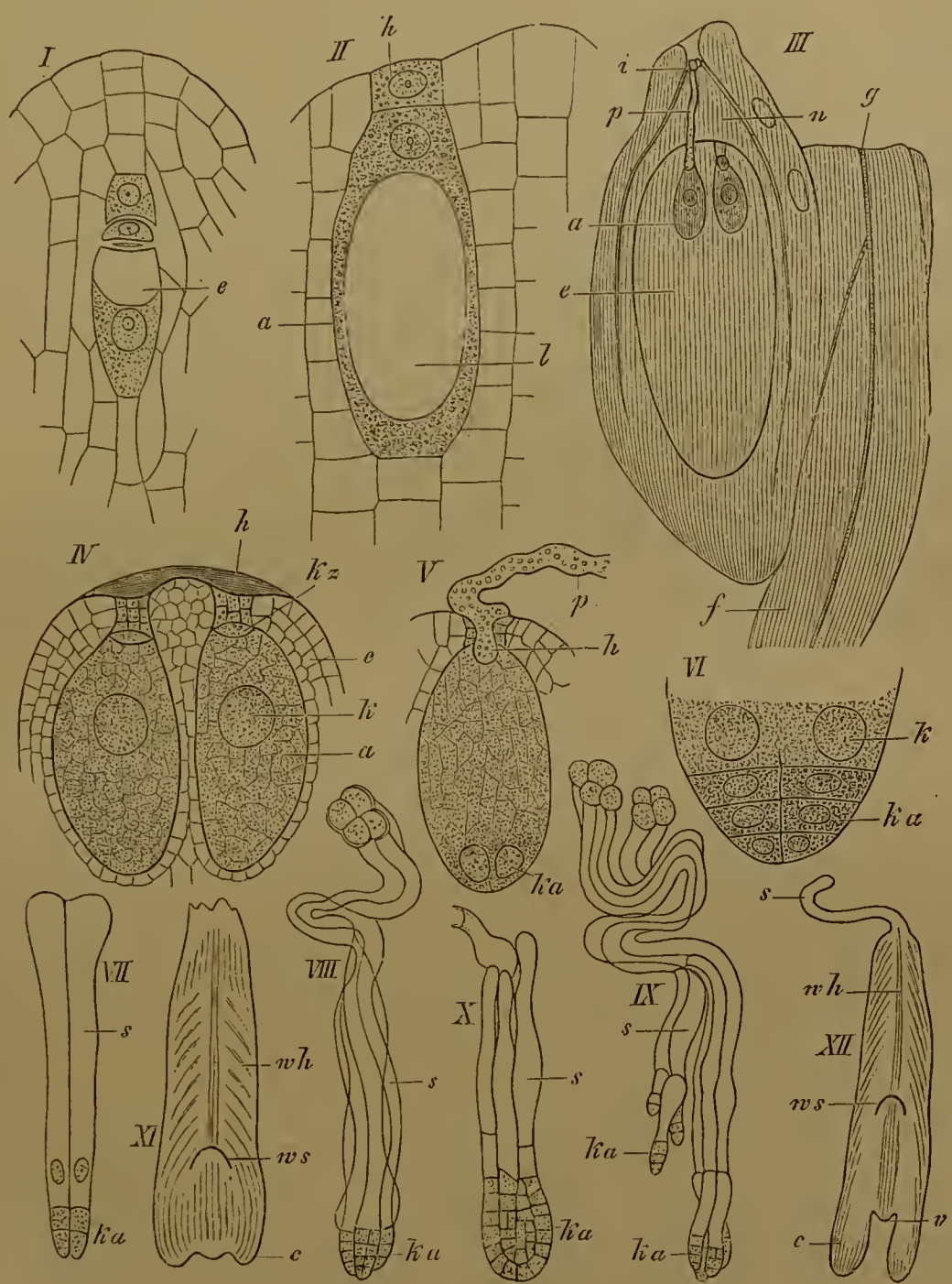


Fig. 90. - Embriogenia de las abietíneas. I, extremidad del mamelón ovular del *Larix europæa; e*, célula madre de las macrosporas que ha de constituir el saco embrionario $\left(\frac{430}{1}\right)$. II, arquegonio joven de *Abies canadensis* después de separarse la célula del cuello *h*. III, óvulo de *Abies canadensis* con una parte del carpelo y en el momento de la fecundación; *p*, tubo polínico; *f*, funículo; *g*, rafe; *a*, arquegonio; *e*, macrospora. IV, extremidad del saco embrionario de *Picea vulgaris* con los dos arquegonios maduros. V, un arquegonio de la misma especie después de la fecundación, con el tubo polínico *(p)* y el primer núcleo *(ka)* dividido. VI, las cuatro series de á cuatro células (la superior todavía no se ha dividido), en el huevecillo de *Picea*. VII á XII, estados sucesivos del desenvolvimiento del embrión en el *Pinus pumilio (s*, suspensor, *c*, cotiledones).

La fecundación cruzada es altamente favorable; cuando no se verifica, puede la planta degenerar; cuando hay cruzamiento, la nueva planta se robustece y fortifica; en la naturaleza hay en las

flores disposiciones altamente favorables para que la autofecundación no pueda realizarse.

Cuando el grano de polen cae sobre un arquegonio maduro, la membrana exterior (exina) se rompe y la interna (intina) se prolonga, formando un *tubo polínico* (fig. 88 B); éste va desplazando ante sí á las llamadas células del cuello del arquegonio y se forma un canal por donde el tubo polínico pasa hasta ponerse en contacto del huevo. Cuando á tal posición ha llegado, el núcleo del grano de polen se redisuelve en el protoplasma y la substancia nuclear, según es lógico deducir, pasa por osmosis al través del tubo y de la membrana del huevecillo hasta fundirse en el protoplasma de éste; debe deducirse lógicamente esto, puesto que poco tiempo después de verificarse el contacto, en el huevo aparece un núcleo, próximo al ápice, que se reconoce como *núcleo masculino;* camina hacia el *femenino* hasta que se reunen y fusionan, originando el *pronúcleo embrionario*, punto de partida del embrión.

El pronúcleo experimenta pronto la carioquinesis, originándose cuatro filas de á cuatro células cada una; la masa que resulta se denomina *proembrión.* En él se diferencian bien pronto las células superiores para constituir el *suspensor* del embrión; éste solamente procede de las células de la fila inferior, que activamente se dividen. La embriogenia de las abietíneas, familia á que pertenece el abeto, aparece reflejada, en sus principales fases, en la fig. 90, debida á Strasburger.

Tras del acto tan importantísimo de la fecundación experimentan los órganos femeninos importantes variaciones que dan por resultado la constitución del *fruto* y en las escamas fructíferas la *semilla.* El primero es el amento transformado, la segunda puede considerarse como el óvulo fecundado.

Las escamas fructíferas alcanzan un gran desenvolvimiento, se ensanchan, se lignifican, mientras las brácteas dejan de crecer en algunas especies *(Abies excelsa)* ó crecen á la vez que las escamas *(A. pectinata).*

El saco que envuelve al óvulo también se endurece y agranda, haciéndose leñoso y adquiriendo la forma de un huevo cuya extremidad más gruesa se halla dirigida hacia arriba, y en la más delgada hay un *micropilo* ó agujero pequeñito redondeado. En derre-

GESNERIÁCEAS. — 1 TYDŒA LINDENI. - 2 GLOXINIA MACULATA VAR INSIGNIS. - 3 TYDŒA PARDINA

dor se forma una especie de ala que adquiere mucha mayor longitud de la que el saco tiene. De todas estas partes consta la semilla en cuyo interior el embrión se encuentra.

Cuando llega éste á su desenvolvimiento completo, es una pequeña plantita, un germen aprisionado entre substancias alimenticias y defendido por duras cubiertas, que abandona cuando se halla bajo el suelo en circunstancias favorables, en virtud de la *germinación*. Al final de este acto se eleva en la atmósfera una planta verdosa que en pequeño tiene la esbeltez de la madre; crece poco á poco y al llegar á la edad adulta es el árbol soberbio sobre cuyas frondosas ramas, que forman blandos tapices áereos, aparecen los órganos de reproducción encargados de continuar la forma vegetal aquélla. El proceso éste se ha repetido siglos y siglos en diversas edades geológicas; el abeto de hoy cuenta entre sus antepasados, vegetales que vivían en la remotísima época carbonífera, coníferas que tuvieron formas en cierto grado análogas á las del género *Abies*.

FISIOLOGÍA

GENERALIDADES

La vida de los organismos todos tiene lugar por la armonía de funciones diversas que pueden referirse á tres actos substanciales, la *nutrición*, la *relación* y la *reproducción;* la manera de realizarse estos actos depende de la forma que el vegetal tenga, resultante de dos fuerzas, el medio y la herencia.

En esto convienen animales y plantas, la vida organizada tiene aquellos atributos como esenciales.

En los grados inferiores de la organización, donde el órgano es simplicísimo cuando existe, ó no hay diferenciación orgánica apenas, tienen lugar los actos mencionados de un modo sencillo y directo; pero cuando los organismos se complican, cada acto esencial se divide y subdivide en otros, en funciones diversas que contribuyen al mejor cumplimiento de la misión que al vegetal le está encomendada.

Así, la nutrición no es directa, se hace por previas funciones preparatorias; las relaciones son más amplias y ofrecen caracteres variados; la reproducción con ser un acto sencillo en su fundamento exige un proceso á veces largo.

En la fisiología de los animales aceptan los autores todos una clasificación muy natural de las funciones; en cambio reina en la Botánica respecto á este punto una gran confusión.

Prescindamos de aquellos autores antiguos que admiten aún el viejo concepto fisiológico del vegetal y fijémonos en algunos libros recientes.

La clásica *Botánica* de Van Tieghem, notable por el sinnúmero

de datos que comprende almacenados, es por su método confusa como pocas, y esta confusión, mejor que en otra materia, se destaca en la Fisiología.

Distingue el ilustre botánico francés una fisiología externa y una fisiología interna, división tan artificial que apenas se concibe pueda ser propuesta. En la parte primera comprende la radiación y los alimentos, lo que la planta recibe del medio y lo que á este medio proporciona. En la que llama fisiología interna se hallan comprendidas la vida de la célula, las funciones de los tejidos y aparatos y las especiales de la raíz, el tallo, las hojas y las flores; todo ello pertenece á la parte primera del libro, á la Botánica general.

Naturalmente, es imposible distinguir en la vida de las plantas funciones exteriores é interiores; los alimentos no son una función, son el agente dinámico que motiva el funcionalismo de la planta, la energía introducida en forma de substancias químicas, como es la radiación energía transmitida por movimientos vibratorios. Lo que la planta toma del medio es transformado y asimilado; lo que al medio da es una excreción.

No encontramos tampoco lógico ocuparse de funciones generales antes de las que pertenecen á la célula y son el fundamento de las demás, ni metódico diluir materia de suyo tan compleja en puntos diversos, procedimiento que obliga á forzosas repeticiones ó es atentatorio á la claridad, tan necesaria en las obras científicas.

No aceptamos por esto la división del profesor Van Tieghem, cuyo importante *Tratado de Botánica* es tan notable libro de consulta como obra confusa para el estudio.

Por ser un libro inspirado en los principios de la Botánica contemporánea y en los asuntos de que trata bastante claro y elemental, he seguido en mi cátedra algún año la *Botánica médica* de Lanessán; la fisiología de esta obra se halla racionalmente distribuída en una parte general y otra especial; está también distribuída en los diferentes grupos botánicos y en los distintos órganos que caracterizan la morfología de cada grupo.

Comprende la fisiología general diferentes capítulos en los que se estudian como funciones distintas la *nutrición*, la *respiración*, el *crecimiento*, la *reproducción*, los *movimientos* y las *sensaciones*. Aco-

moda en parte el profesor Lanessán la división de las funciones vegetales á la admitida en los animales, aunque con cierto desorden y alguna inconsecuencia, pues la respiración es un acto indudable de nutrición y el crecimiento pertenece á la ontogenia, á la evolución del ser.

Admite entre otras funciones, y hallamos esto lógico, la *digestión*. Hay error grave en creer que por estar los vegetales desprovistos de aparato digestivo, no pueden digerir ciertas substancias, transformarlas para que sean asimilables por procedimientos químicos y mediante fermentos semejantes á los que en la función digestiva de los animales intervienen. Las plantas digieren á los cuerpos amiláceos y esta función es general; el almidón constituye un elemento de reserva y para servir de alimento precisa que se transforme, lo que realiza mediante diastasas. Hay en los vegetales saponificación de las grasas y también transformación de las substancias albuminóideas en peptonas. No estudiar por tanto la digestión es no dar idea completa de la fisiología de los vegetales, advirtiendo que en los fenómenos íntimos de asimilación pueden influir más estas transformaciones digestivas pequeñas que las síntesis *in extenso* tan características en las plantas.

Admite y estudia Lanessán funciones de motilidad y de sensibilidad; no puede desconocerse que la substancia orgánica fundamental tiene aquellos atributos, y esta substancia llena por completo los elementos celulares activos de las plantas. Puede decirse que un árbol es una especie de polípero de celulosa; hay celdillas celulósicas de acción pasiva, que defienden y sostienen al vegetal, que permiten la circulación de los jugos y de los gases; las celdillas activas en las que la vida reside, están llenas de protoplasma. El conjunto de la planta es un armazón de celulosa; la vida reside dentro, y el cuerpo vivo es sensible y es móvil; pero además hay movimientos en las especies de grupos inferiores y aun en las de jerarquía superior, como hay actos que implican una sensación por rudimentaria que sea.

Un paso más que hubiera dado Lanessán, disponiendo las funciones en los tres grupos que los zoólogos admiten, aceptaríamos, con ligeras variaciones, el criterio suyo, que es muy aceptable é inmediato al en que nosotros fundaremos la división fisiológica.

Un libro estimable por diferentes conceptos es la *Botánica* de Behrens, que ha publicado en francés el Dr. Herail.

En su tercera parte se ocupa de la Fisiología, después de haber tratado en la primera y en la segunda de la morfología externa y de la que llama morfología interna ó Anatomía. Estudia las funciones de las plantas primero en general, después las especiales á cada órgano de los que forman el cuerpo de una fanerógama. En conjunto este orden es el más propio; hay no obstante en la obra de que tratamos una inconsecuencia al considerar que la fisiología especial sólo se ocupa del funcionalismo parcial de las raíces, tallos, flores y frutos; la parte general ha de comprender los actos funcionales que por igual pueden aplicarse á todas las plantas, y aun cuando se señalen y anoten actos parciales, ha de ser con el fin de definir mejor la función, reservando para la fisiología especial el tratar del modo propio con que las funciones se realizan en cada grupo botánico. Es lógica la división que Behrens hace, pero hay variaciones de concepto que afectan á la exactitud, no precisamente á la extensión. Créese de ordinario que consiste el hacer elemental á una obra en suprimir materiales; no es precisamente esto: suprimir detalles que recarguen las generalidades sí que es hacer el estudio más fácil, pero dejar incompleto el cimiento de una obra no es abreviar, es hacer imposible el que la obra se levante y adquiera solidez. Para hacer más sencillo un árbol no debe suprimirse el tallo, ni siquiera las ramillas todas que, á manera de detalles aclaratorios, dan actividad y vigor; es necesario suprimir ramificaciones de importancia secundaria.

La *Botánica* de Behrens y Herail, en la fisiología general, define primero el medio (radiación y alimento); estudia después la influencia del medio externo sobre el crecimiento; sigue con el estudio de la nutrición (en la cual incluye la digestión); continúa describiendo los actos respiratorios, y termina con un párrafo dedicado á la asimilación del carbono, que aparece así separada de la función nutritiva. Esta breve exposición basta para que el lector comprenda cuán incompleto es el plan del libro, si bien tiene toques y detalles de modernismo que le separan del patrón de obras que tanto en Francia como en Alemania y como en España circulan con demasiada profusión entre los principiantes.

Es un librito muy bien pensado la *Biología vegetal* de Vuillemin; sobre todo sigue una marcha que ha de producir en la Botánica saludables frutos. El autor separa en tres partes distintas la vida celular, la vida individual y la vida social de las plantas; es una división ésta muy natural, y además inspirada en conceptos que cuadran muy bien al desarrollo de los conocimientos en este tiempo y á las tendencias dominantes; tiene un fondo filosófico en el cual convenimos, pues hemos inspirado en él la Botánica desde las primeras páginas.

La célula es un protoorganismo; funciona con vida propia, tiene una misión colectiva, pero no pierde su autonomía fisiológica; es el individuo social. Hay que estudiar por lo tanto en la fisiología de los vegetales, en primer término, la *vida celular*.

Aunque formada de elementos distintos, de células diferentes, la planta tiene individualidad; es un individuo sociable, pues ni falta en él unidad de fin ni armonía en la diversidad de los medios; es no sólo una sociedad, sino una organización, pues para que la asociación de individuos sea un progreso, el que se organicen es forzoso. Además de la vida celular habrá, por lo tanto, en toda planta *vida orgánica*.

No vive un vegetal aislado, vive en una sociedad natural con los individuos de su especie ó con los de especies distintas; los grandes árboles cobijan bajo su copa multitud de plantitas, y las pequeñas plantas que viven bajo los árboles favorecen no poco á éstos; un solo individuo moriría pronto, no pudiendo luchar con el medio; muchos individuos reunidos pueden soportar á veces grandes accidentes que para cada uno serían mortales. Hay aparte de la vida celular y de la orgánica una *vida social*.

Las plantas tienen, pues, *funciones celulares*, *funciones orgánicas* y *funciones sociales*.

Conviene no confundir estas últimas con las funciones individuales de relación, aquéllas que se refieren á la imprescindible y directa relación que cada planta guarda con el suelo en que se asienta, con el aire que la rodea. Un individuo puede vivir aislado de otros individuos y no puede vivir aislado del medio, ha de tener obligada relación con él.

Paréceme que respecto á este último punto hay alguna confu-

sión en el libro de Paul Vuillemin, inconveniente no fácil de salvar, por lo mismo que no caben en estas cuestiones límites absolutos.

No creo que ha sido tan afortunado el distinguido botánico de Nancy en la subdivisión de las tres partes en que divide á la Biología; es verdad que su libro tiene muy pequeña extensión. Parecen huir todos los autores de conservar la vieja pero exactísima división fisiológica de funciones nutritivas, reproductoras y de relación. Yo creo conveniente no abandonarla en la Botánica para dar más unidad á la Biología, que no permite separar los seres en grupos distintos como, relativamente siempre, lo permite la Morfología. Además, aquella división es fundamental y no la destruye ni mucho menos la creciente complicación anatómica.

A pesar de esto y de que seguiré en la división de las funciones orgánicas plan diferente, no resisto al deseo de copiar de Vuillemin la exposición que hace de las funciones de la vida orgánica, que en el fondo aceptaré, aun cuando las coloque en distinta posición.

«Una primera categoría de funciones, – dice Vuillemin, – permite á la planta tomar posesión del lugar que le conviene. Organos especiales de *fijación*, se hallan de ordinario repartidos por ella. Otros *protegen* al vegetal. Diversas disposiciones le ofrecen el medio de mantener en la situación más favorable las partes destinadas á facilitar y á perfeccionar las relaciones de cambio indispensables para la vida, extender las hojas en el aire, introducir las raíces en el suelo hasta llegar á grandes profundidades, sin que la densidad, el viento ú otros agentes puedan comprometer la solidez de su armazón. Organos de *sostenimiento* se agregan, pues, á los que dan fijeza y protección para asegurar el dominio de cada individuo en una determinada extensión del espacio.

»Otro orden de funciones motiva el desarrollo sucesivo de la planta, la cual toma sus materiales en el medio ambiente exterior por virtud de la *absorción*. Los seres vivientes se componen de substancias definidas, pero se caracterizan, como la materia, por el movimiento, que determina transformaciones incesantes en su composición y modo de ser. El vegetal recibe del exterior los cuerpos que se hallan luego en su composición química y en sus movimientos diversos.

» Los cuerpos simples que, en un momento dado, constituyen una planta, ya existían antes alrededor de ésta, por más que en el medio ambiente no estaban combinados de igual suerte que en el seno del organismo vegetal; por otra parte, aun cuando hubiesen formado idénticas combinaciones, no pasarían directamente á la planta para constituir una parte esencial de ella. Así, pues, entre la forma asimilable bajo la cual penetra el cuerpo y la forma definitiva que adopta luego, existe una verdadera série de transformaciones químicas, análisis ó síntesis, que traen consigo un desprendimiento ó un consumo de fuerzas vitales.

» También los alimentos de que se nutre el vegetal, dan origen á movimientos diversos; otros movimientos pasan directamente á la planta; éstos son en su mayoría los movimientos vibratorios, que con relación á las sensaciones que producen en los órganos del hombre, llamamos *luz* y *calor*, y que los botánicos deberían apellidar *movimientos* de radiación.

» El estado eléctrico de la planta está determinado por el del sol y la atmósfera, y á su vez ejerce una acción decisiva sobre este último; pero nada sabemos acerca de las consecuencias que esta atracción recíproca debe producir bajo el punto de vista del desarrollo y de las funciones esenciales de las plantas, y así será preciso que, por medio, de nuevas investigaciones sobre la electricidad y quizás sobre otros agentes desconocidos todavía, procuremos alcanzar en materia tan importante la amplitud de conocimientos que se necesita.

» Tenemos, pues, que la planta toma del medio ambiente exterior dos cosas por lo menos: el alimento y el movimiento. El alimento y el movimiento absorbidos contienen la substancia y los movimientos que caracterizan al cuerpo viviente y á los actos vitales, pero en realidad no constituyen por sí mismos ni la substancia ni los movimientos en cuestión. Al lado de aquélla y de éstos, figura un exceso, un residuo; y de otro lado, las transformaciones continuas de que antes de ahora hemos hablado, llegan á gastar las partes vivientes del vegetal. Y contra la absorción existe la *excreción*, por medio de la cual la planta devuelve al medio ambiente el movimiento y la substancia.

» Entre las substancias que la planta absorbe ó rechaza, hay

algunas que están esencialmente ligadas á las combinaciones internas y á una producción de movimientos destinados á obrar sobre los compuestos que constituyen el cuerpo. Estas substancias dan carácter á una función que no es sino la *función respiratoria*, completamente distinta de la nutrición. De hecho no hay una diferencia intrínseca apreciable entre el oxígeno de la combustión ó el ácido carbónico que se desprende de ella, y las demás substancias que entran como alimentos ó salen como excreciones, porque el cuerpo viviente de que por un instante forman parte estos últimos, se destruye sin cesar para regenerarse de nuevo, del mismo modo que por una reducción se destruyen bien pronto los productos oxidados en el acto respiratorio. Con todo, tendremos en cuenta las consecuencias particulares de este cambio de gases para consagrarles un capítulo al hablar de la función respiratoria.

»La absorción y la excreción no se realizan tan sólo entre el medio externo y la superficie de la planta; por el contrario, en cada partícula viviente se verifican cambios análogos que dan origen á *transformaciones internas*.

»El transporte de los productos absorbidos al sitio donde deben ser utilizados, lo mismo que el de los residuos desde el lugar en que han nacido hasta los límites del ser viviente, exige en las plantas de estructura complicada, disposiciones especiales que constituyen un conjunto de adaptaciones á la *función conductora*.

»Todos los productos que no forman parte del protoplasma vivo ó que dejan de entrar en su composición, son excretados al exterior. Los unos se almacenan y representan en el seno del organismo un medio nutritivo capaz de compensar, en circunstancias determinadas, las deficiencias del medio exterior. Desempeñan el papel de *reservas* utilizables.

»Otras substancias, verdaderos residuos, permanecen aisladas de las partes activas, á fin de que las funciones se produzcan con entera independencia. Relegadas á un sitio determinado, siguen allí por tiempo indefinido ó bien son absorbidas con lentitud, caso que encierren materias asimilables. Aquellos residuos forman el sistema *secretor*, intermedio entre el precedente y el sistema excretor.

»Por último, no pocos derivados del protoplasma se adaptan á

funciones accesorias, las que no exigen órganos propios en los seres inferiores. Están consagradas á la *diferenciación* del cuerpo y pasan á ser en definitiva los materiales de los aparatos de protección, de sostén y de conducción.»

Tras de esta notable exposición, el autor á que me refiero define las *funciones de la vida específica*, entre las cuales comprende la *renovación*, la *multiplicación*, la *conservación* y la *fusión*.

En las obras á que hemos pasado sumaria revista, se observa alguna nebulosidad en el definir los distintos actos á que se reduce la vida vegetal, y se observan además innovaciones de importancia si se compara el concepto bajo el cual hoy se estudian estas cuestiones y el con que se estudiaban antes.

Con el nuevo rumbo que toman los estudios de fisiología vegetal el problema biológico se hace más fácil, da mejor idea de la realidad, explica más naturalmente los hechos. El cimiento está hecho, falta ahora ordenar los materiales, trabajo que, aun siendo de forma, tiene importancia en las obras didácticas.

No sólo se mantenía y en parte se mantiene cierta confusión entre la vida orgánica y la vida social de las plantas, entre las funciones de relación y las funciones sociales; también es necesario limitar con claridad lo que atañe á la reproducción y lo que se refiere al desenvolvimiento, lo que es fisiológico, función de la planta madre, y lo que corresponde á la ontogenia del nuevo individuo que se desenvuelve. No puede referirse á la vida de un ser aquello que pertenece á la vida de otro ser. En esta cuestión la obra de Van Tieghem puede servirnos de modelo; aparte de la Fisiología trata del desenvolvimiento, por cierto de un modo admirable, si bien no llama á éste *Ontogenia*, palabra perfectamente propia empleada por los zoólogos.

En su capítulo del desenvolvimiento Van Tieghem comprende la formación del huevo, el modo cómo se transforma en embrión y éste en planta adulta; en lo que se refiere á las criptógamas, trata el problema con arreglo á la especial organización de estos vegetales.

Puede juzgar el lector de cuál será mi criterio por el examen hecho de los criterios ajenos; inspirándome en las conquistas científicas de la biología vegetal, siguiendo la senda trazada por los

fisiólogos de nuestro tiempo, escribo esta importante parte de la Botánica.

En realidad, en el estudio de los organismos podrían diferenciarse dos partes, una morfológica y otra dinámica, con arreglo al cuadro siguiente:

Morfología vegetal.	Histología. Anatomía.
Dinámica vegetal.	Fisiología. Ontogenia. Filogenia.

La Fisiología, comprendiendo la *dinámica del vegetal adulto*, habría de estudiar la vida de las células, lo que pudiera llamarse *dinámica histológica;* además, la vida orgánica, que denominaremos *dinámica anatómica*, y la vida colectiva de las especies ó *dinámica social;* para mejor inteligencia resumiremos la división establecida del modo siguiente:

Fisiología, estudia:	La vida celular.	*Dinámica histológica.*
	La vida del organismo . . .	*Dinámica anatómica.*
	La vida colectiva.	*Dinámica social.*

Hemos tratado ya en la parte de histología todo lo referente á la forma y á la vida de las células, y nos limitaremos ahora á la descripción de los principios fundamentales y de los hechos más importantes relativos á las otras dos partes de la Fisiología.

Como en otro lugar hemos expuesto y en éste repetido, aceptamos la división de las funciones orgánicas en tres grupos: de nutrición, de relación y de reproducción.

Entre las funciones de nutrición incluíremos la absorción de alimentos y de vibraciones, la digestión y la circulación, la respiración y las excreciones.

Funciones de relación del individuo con el medio consideramos á las que dan fijeza y defienden la planta; las que Vuillemin llama de fijación, sostén y defensa. Reconociendo que la materia orgánica es sensible y móvil cualquiera que sea la forma que acepte, describiremos aquellos actos de sensibilidad y de movimiento que los vegetales ofrezcan.

Las funciones de reproducción, con sus variadas formas, completarán el plan de la parte fisiológica.

Aparte, en la Ontogenia, se hallarán comprendidos los fenómenos del desenvolvimiento en fanerógamas y criptógamas, la *dinámica embriogénica*, que algunos tratadistas incluyen entre las funciones de reproducción cuando tanto de ellas difieren; siguiendo en esto á Van Tieghem, que juzgamos ha estado acertadísimo en la redacción de esta parte de su libro.

La Filogenia, el desenvolvimiento de las plantas hasta llegar á las formas actuales, lo que pudiera llamarse también *dinámica genealógica*, sigue á la Ontogenia, en la que tanto apoyo halla.

CAPÍTULO SEXTO

VIDA ORGÁNICA

I. – FUNCIONES DE RELACIÓN

Alteraremos el orden con que de ordinario se suelen colocar las funciones de la vida orgánica, comenzando por las de relación. En los vegetales son característicos ciertos órganos que están especialmente destinados á fijar y sostener el organismo, pues aun cuando la inmovilidad del conjunto orgánico no sea carácter absoluto de las plantas, es lo cierto que la generalidad de éstas tienen una vida sedentaria, y si en los animales es excepcional la presencia de órganos de fijación, en los vegetales es lo ordinario. Verdad es que se trata de una función pasiva, pero también en la fisiología animal se tiene en cuenta la misión de los órganos pasivos. Esta función que permite á la planta tomar posesión del espacio que le conviene, es quizá la primera y la más característica; por esto trataremos de ella en el lugar primero.

Fijación. – Reconoce Vuillemin la existencia de órganos que fijan el vegetal al punto en que vive y otros que le sostienen en el medio en donde extiende sus miembros, y por lo tanto acepta la función que es aneja á las dos necesidades orgánicas mencionadas. En realidad ambas pueden reducirse á una, la que da fijeza al vegetal en el medio.

Realmente, sólo en casos aislados hay órganos propios de fijación; de ordinario, los órganos que fijan desempeñan otras misiones de diversa naturaleza. Van Tieghem atribuye aquel hecho solamente á las raíces y considera la fijación como función de la raíz.

El que la planta se fije y sostenga depende de disposiciones morfológicas de los diversos miembros y órganos; las raíces, en los vegetales superiores, fijan el organismo á la tierra; las ramas y ramillas, las hojas y el tallo le sostienen en el aire. No es en realidad ésta una función dinámica activa, es una función en cierto modo

pasiva. Hay que tener en cuenta que los seres vegetales presentan organización muy diversa y viven en medios distintos, y por estas causas hay cierta variedad en los órganos de fijación.

Los protofitos, cuyo cuerpo es blando, no disponen de prolongaciones que penetren en ningún medio y gozan de cierta libertad en sus movimientos: cuando se fijan lo hacen gracias á la viscosidad que tiene la substancia de que están formados; tal sucede á los mixomicetos y á los *tallus* de muchas plantas talofitas.

En algunas de estas últimas y en los talos de otras, hay órganos rizomorfos encargados de fijar al organismo; así hemos visto sucede en el *Agaricus* y en el *Fucus* estudiados, y hasta en el protalo del *Aspidium*. Los musgos, como la *Funaria*, están provistos de verdaderas raicillas.

La misión de las raíces para fijar al conjunto orgánico, viene á estar favorecida por la tendencia á dirigirse hacia la tierra, que denominamos, en el estudio del abeto, *geotropismo positivo*. La distribución de tal fuerza en las ramificaciones es conveniente en alto grado; tiene la raíz principal el geotropismo positivo casi absoluto, las raíces de la primera ramificación ya son menos geotrópicas, menos aún las de orden secundario, y la tendencia aminora en las raicillas; gracias á ello, en primer término la raíz se expansiona, abarca más terreno; en segundo se pone en más íntimo contacto con la tierra; es favorable igualmente esta disposición á la función absorbente que la raíz verifica.

La raíz no sólo fija la planta á la tierra, sino que á veces también da fijeza al suelo; en terrenos movedizos como las landas, las riberas de los ríos, etc., con plantaciones de cierta índole se ha dado solidez al suelo. (*Carex arenaria*, *Elimus arenarius*, pino marítimo, cañas, *Tamarix*, etc.)

Contribuyen á la fijeza de las plantas, en gran escala, los rizomas; buen ejemplo de ello son las cañas y otras especies análogas.

Órganos que dan fijeza á las plantas son los que sujetan á las de tallo trepador y los que unen los vegetales parásitos á sus víctimas; las hay también que carecen de órganos de fijación. Entre estas últimas debemos colocar á las especies acuáticas que flotan libremente en las aguas; es verdad que algunas de ellas tienen raíces, pero son tan sólo órganos absorbentes, no las fijan; tal su

cede en criptógamas como las *Salvinia* (fig. 91) y *Azolla* y en fanerógamas como las lentejas de agua (fig. 92).

Fig. 91. – *Salvinia natans.*

Es curioso, entre las plantas acuáticas, el caso de la *Vallisneria*, que tiene raíces y con ellas permanece fija al fondo de los pantanos en que vive; sus pies son los unos femeninos y los otros masculinos. Nacen bajo el agua los órganos de uno y otro sexo, pero la fecundación tiene lugar en la superficie; para esto, el pedúnculo de las flores femeninas está arrollado en espiral y cuando maduro se desarrolla quedando flotante; en cambio las flores masculinas se desprenden y flotan en libertad en derredor de las flores que llevan el germen femenino. Como muy bien recuerda Vuillemin, este caso tiene ciertos puntos de semejanza con el de algunos cefalópodos cuyo hectocótilo, desprendiéndose, lleva los espermatóforos fecundantes *(Argonauta)*.

Los tallos trepadores se fijan y sostienen, los unos arrollándose (judías, lianas); los otros por medio de zarcillos *(Bryonia)*, otros por raíces adventicias, etc. Determinadas plantas se extienden por la superficie del suelo y para sostenerse emiten estolones, como sucede con las fresas (fig. 93).

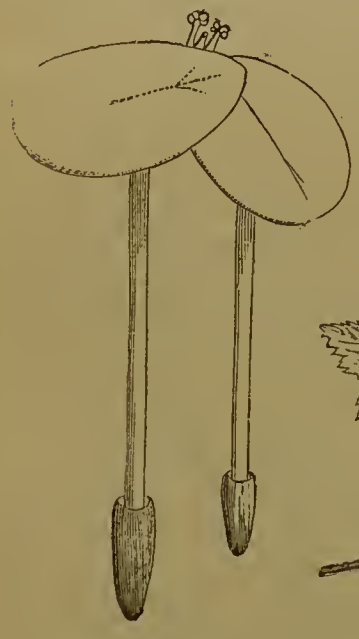


Fig. 92. – Lenteja de agua.

Fig. 93. – Fresa.

La resistencia de los vegetales depende de la constitución de sus tejidos; hay elementos histológicos blandos cuya tensión es motivo de resistencia; en general desempeña este papel la celulosa,

quien, acumulándose en determinadas células ó fibras, da solidez á los tallos; el llamado sistema conductor, el parenquima escleroso, las células llenas de cristales ó que tienen las paredes incrustadas de substancias minerales, etc., son los elementos de sostén y de resistencia. Al conjunto de los tejidos pasivos se le denomina *estereoma.*

Defensa. — No sólo necesitan las plantas fijeza y sostén; les son precisos órganos de protección. Aquélla se logra de ordinario por intermedio de tejidos que ejercen cierta misión pasiva; la protección se logra por análogo medio. Unas plantas tienen la superficie recubierta de epidermis endurecida, cuticularizada; otras presentan en esta superficie pelos que á veces la cubren de tomento, que en ocasiones forman tupida capa lanosa, como en las hojas de los *Verbascum*, en determinados *Cistus*, etc.

En los grandes árboles se halla defendiendo la parte exterior del tronco una corteza gruesa, resquebrajada, el ritidoma. Muchos tallos y raíces están cubiertos de corcho, el elemento protector más eficaz y de los más frecuentes en los vegetales leñosos.

La defensa que las plantas necesitan ha de ser de distinta naturaleza según á la clase de agente nocivo á que se oponga; si han de oponerse á los cambios del medio, abrigan la superficie sometida á la acción atmosférica; si han de librarse de la destrucción operada por los animales, usan procedimientos distintos.

El medio mejor de defensa es la asociación, motivo de una fisiología social especialísima que ha de ser tratada en otra parte del libro. Los individuos aislados también se defienden y disponen por tanto de armas para la lucha; son éstas tan variadas que sería larga y difícil la tarea de examinarlas todas; en este lugar nos limitaremos á la indicación de algunas particularidades notables que juzgamos dignas de ser conocidas.

En otro sitio hemos de hacer consideraciones más amplias respecto á este asunto importantísimo de la defensa de los vegetales en la empeñada *lucha por la vida;* será en la geografía botánica, al estudiar la adaptación de las formas al medio, pero el aspecto de la cuestión es algún tanto distinto en aquella parte que en ésta.

Procedimiento el más curioso de defensa es el *mimetismo*, mer-

ced al que ciertas plantas adquieren la forma de otros seres; y no sólo la totalidad del vegetal dispone de esta máscara con que engaña al enemigo, sino que, por motivos que no son en todos los casos la defensa, pero sí la generalidad de las veces, determinados órganos ofrecen ejemplos de mimetismo. Recuérdense ciertos nombres vulgares como los de *flor de la abeja* (*Ophrys apifera* Huds.), *ortiga muerta*, etc.

El caso de las ortigas blancas ó muertas llamó hace mucho tiempo la atención del vulgo y ha motivado las observaciones de los sabios. El *Lamium album* L., que es aquella planta, pertenece á la familia de las labiadas, y no obstante, por la forma, por los pelos que cubren la superficie, por todo, parece una ortiga verdadera é inspira á los animales el respeto que ésta logra. El célebre Lubbock sembró á la vez semillas de ambas plantas, la ortiga falsa y la legítima; cuando germinaron, las jóvenes no se diferenciaban por ningún carácter, siendo punto menos que imposible separarlas sin un previo y detenido examen.

En las semillas y en los frutos, los casos de mimetismo abundan; hay algunos de estos últimos órganos que en un todo copian la forma de los insectos coleópteros, como hay coleópteros que parecen verdaderas sámaras (1). Entre las leguminosas de los géneros *Scorpiurus*, *Medicago* y análogos, pueden elegirse frutos miméticos de variadas formas. Lubbock cita los *Scorpiurus subvillosa* y *vermiculata*, el primero de los cuales tiene el aspecto de un miriápodo y el segundo el de una oruga; hay otros que parecen gusanos, límacos, larvas de dípteros, etc.; los hay en un todo semejantes á la cola de un escorpión.

Este medio de adquirir formas prestadas no deja de ser ingenioso é indica que la Naturaleza se adelantó al pensamiento de los hombres, quienes en la fábula pretendieron inventar el caso del cordero vestido con la piel del lobo sembrando el pavor en el rebaño, cuando ya las plantas más humildes empleaban el procedimiento de cubrirse con las vestiduras de las que son temibles para

---

(1) Son muy notables los *Cossyphus* que abundan bajo las piedras en la región más meridional de España y, cuando permanecen inmóviles, por la forma, el color y el tamaño parecen sámaras mejor que insectos.

los animales. Recuérdese el caso del *perejil*, comestible, aceptando en sus mayores detalles la forma de la *cicuta*, que es venenosa.

El segregar productos nocivos es un medio de defensa bien eficaz; lo es también el cubrirse la superficie con espinas aceradas, con aguijones ó con pelos rígidos. Las flores se rodean muchas de órganos espiniscentes; los cardos, las centáureas, algunas gramíneas son buenos ejemplos; frutos hay, como los que propagan á las plantas llamadas abrojos, que se hallan admirablemente defendidos.

Fig. 94. – *Pereskia aculeata* Mill. (grosellero americano).

Los vegetales espinosos (fig. 94) pueden constituir á veces vallas poco menos que inexpugnables; así sucede con los *Cratægus*, los *Celastrum*, las *Acacia*, los *Ulex*, *Genista*, etc., etc.; no es fácil abordar á los erizos que forman las matitas de la *Erinacea pungens* (piorno) en nuestros montes calizos, especialmente de la región de Levante, ni á las que se llaman vulgarmente aliagas ó ahulagas.

Lo mismo que las espinas, son órganos de defensa los aguijones y los pelos rígidos. Las zarzas forman vallas tupidas de peligroso asalto; ciertos rosales inermes son con facilidad destruídos por los animales herbívoros, en cambio los rosales armados de aguijones escapan á aquella destrucción.

Las higueras chumbas ó nopales y otras muchas especies de la curiosa familia de las cactáceas (figs. 95 y 96) ofrecen una disposición especial para la defensa con los numerosos haces de espinas que cubren el cuerpo todo.

Sensibilidad. — Que las plantas son sensibles á los medios exteriores no creemos que haya nadie capaz de negarlo; que esta sensibilidad llegue hasta provocar actos conscientes, se traduzca en movimientos voluntarios, tampoco hay nadie que lo afirme. Hay en la sensibilidad de los vegeta-

Fig. 95. – Rama de higuera chumba.

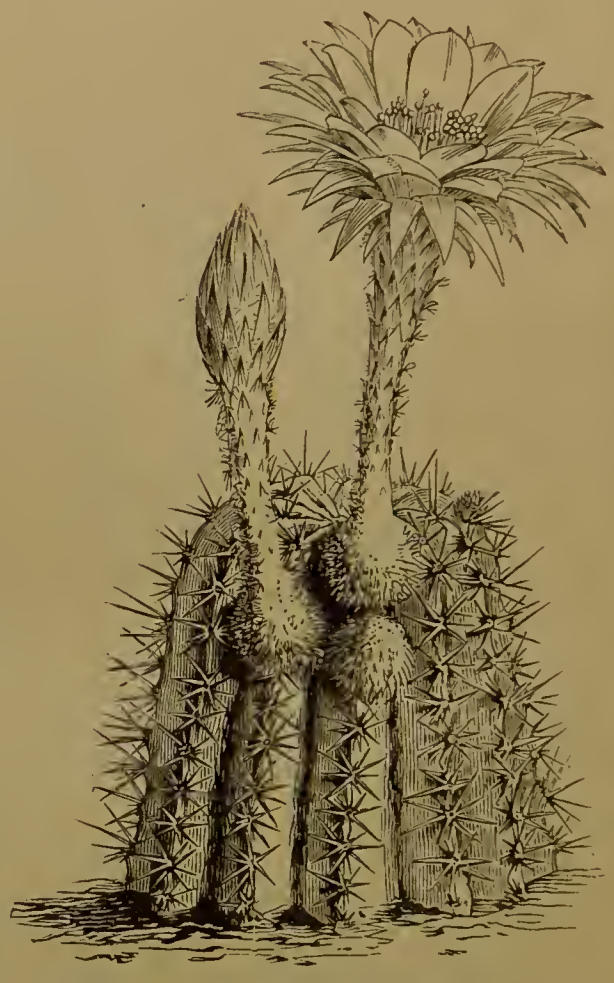


Fig. 96. — *Echinocactus cornigerus* D. C.

les algo más que la mera relación con los accidentes del medio, aun cuando esta relación sea el origen de los actos sensibles; hay algo menos que en las altas manifestaciones de la sensibilidad animal. Es todo esto cuestión de grado; en lo que á la sensibilidad atañe, como en las manifestaciones todas de la vida, desde el acto más sencillo, más elemental, ofrecido por el mundo de los minerales, hasta el arranque de conciencia que á los ojos del hombre parece más sublime, hay una serie de numerosísimas gradaciones que parecen distanciar lo que en realidad obedece á causas fundamentales idénticas.

Hemos dicho ya en otra ocasión que hay error en considerar al cuerpo de los vegetales idéntico, morfológicamente, al de los animales; en las plantas impone la morfología con que se nos presentan, un elemento pasivo; la materia orgánica, aprisionada en aquel complicado esqueleto de celulosa, es muy elemental, y vive en cierto modo con la sencillez de la vida protoplásmica; por eso la inmovilidad en la apariencia es carácter de las plantas superiores, y una movilidad y una sensibilidad extrema pueden observarse en los vegetales inferiores y en los gérmenes de la reproducción, que permanecen desnudos.

No es extraño que en su conjunto un árbol ni sea sensible ni móvil, pero en cambio en su interior bulle y se agita una substancia activísima, y ésta sí que tiene los caracteres de sensibilidad y de movilidad.

Los ejemplos que los autores acostumbran á insertar en este artículo, son casi todos tomados de las criptógamas. La mayor parte de los tratadistas no suelen hacer párrafo distinto con el examen de los hechos que demuestran la sensibilidad vegetal; entienden, con muy buen acuerdo, que la consecuencia de aquella función es el movimiento parcial ó total, y al tratar de los movimientos, claro es que de un modo indirecto se prueba lo sensibles que son los vegetales bajo el influjo de las circunstancias que les rodean. Por nuestra parte, en las líneas trazadas bajo el epígrafe *sensibilidad* nos proponemos sólo hacer ver que existe en los vegetales, lo mismo que en los animales, una función reguladora de los movimientos, causa de éstos; que si las plantas, ó sus órganos, se mueven es porque son sensibles.

Para afirmar de un modo más terminante esta última conclusión, De Lanessán, en su *Botánica Médica*, cita algunos experimentos de Nægeli, Lortet, Thuret, Famintzín, Cienkowski y otros autores, que no transcribimos y que se refieren á la acción de la luz sobre los protofitos ó sus gérmenes reproductores.

Movimientos. — Como condición de la vida, la movilidad es una facultad de los vegetales, como lo es de los animales; en el interior de las plantas hay movimiento vital, que pudo escapar en tiempos antiguos á quienes sólo juzgaban y medían por las apa-

riencias, hasta el extremo de afirmar rotundamente que el mundo vegetal se diferenciaba del animal por la falta de vida de relación.

Pero el movimiento no sólo es interno, sino que trasciende á lo externo, y los órganos más sensibles con el cambio de las circunstancias exteriores se mueven. Por la noche los tallos tiernos, las hojas jóvenes, no tienen la misma posición que durante el día, y á la luz del sol como á la luz difusa. De tiempo inmemorial conócese lo que se llama *el sueño de las plantas;* en la noche ó en la obscuridad son muchas las hojas que mudan de posición, y si en algunas, como por ejemplo en las leguminosas y oxalídeas (fig. 97), se observa con facilidad, muchas que no ofrecen la variación con caracteres tan notables son igualmente sensibles.

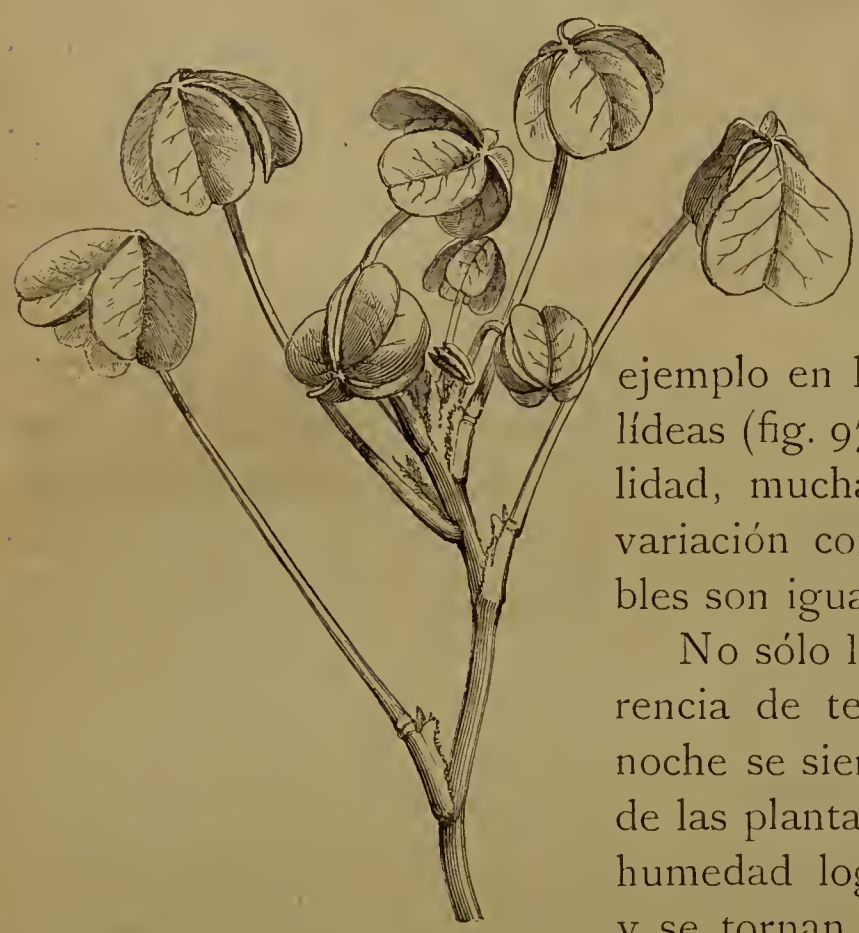


Fig. 97. – *Oxalis* (acederilla), durante la noche.

No sólo la falta de luz y la diferencia de temperatura que en la noche se siente es causa del sueño de las plantas, sino que la falta de humedad logra fenómeno análogo, y se tornan macilentos, cuando el agua falta, lo mismo los tallos frescos que las hojas.

Aparte estos movimientos que el medio motiva y que pueden observarse á toda hora, la materia que constituye á los vegetales es extremadamente móvil; recuérdese lo dicho acerca de los movimientos del protoplasma en las páginas 37 á 44, en que demostramos que en nada difieren ciertos protofitos de los protozoos por lo que á la traslación y al movimiento interior se refiere.

Al tratar del abeto hemos señalado el movimiento de circunmutación que en su extremidad las raicillas y los tallos tienen. Veamos lo que acerca de este movimiento decía el inmortal naturalista que le describió con sus mayores detalles, Carlos Darwin: «Obser-

vemos un tallo en el momento en que comienza á encorvarse en dirección al Norte; veremos que la extremidad gira gradualmente hacia el Este hasta que se encuentra frente á dicho punto cardinal, continúa progresivamente en dirección al Sur, después al Oeste para volver por fin al Norte. Si el movimiento es por completo regular, la extremidad habrá descrito un círculo, ó mejor, una espiral circular, puesto que el tallo continúa creciendo. En realidad esta parte terminal describe de ordinario una elipse regular ó un óvalo, pues después de haber ocupado diversas posiciones vuelve á un punto completamente opuesto, sin pasar otra vez por la primera línea trazada. Además otras elipses regulares ú otros óvalos son descritos sucesivamente; sus ejes mayores están orientados hacia diferentes puntos del espacio. Al mismo tiempo que describe estas curvas, la parte apical traza en ocasiones líneas quebradas, ó forma ya pequeños círculos secundarios, ya triángulos. En el caso especial de las hojas, las elipses descritas son generalmente estrechas.»

Tienen tal carácter de generalidad los movimientos de circunmutación, que puede decirse son propios de todo órgano eréctil en crecimiento. Una variedad de éste, un modo especial de practicarse, da lugar, según Darwin, á que se arrollen los zarcillos mediante los cuales determinadas plantas trepan y se sostienen.

Pasar revista á los movimientos particulares que ofrecen los diferentes órganos, sería adelantar algo que en la Botánica especial, y al describir aquéllos, hemos forzosamente de tener en cuenta, detallando, cuanto nos sea posible, los fenómenos. Bueno será, no obstante, que aquí, y para demostrar la amplitud que la movilidad tiene en los vegetales, anotemos algunos hechos elegidos entre los que ofrezcan más interés.

Suelen distinguirse los movimientos en provocados y espontáneos; los hay de la totalidad de la planta y propios de un órgano solo; prescindamos de los intracelulares, que ya han sido descritos, y de los que tienen las masas protoplásmicas desnudas ó los protistas de ordinario incluídos en la Botánica. Podemos admitir también movimientos de atracción recíproca, que se ejercen á distancia entre dos plantas ó entre dos partes de una misma planta; estos últimos no dejan de tener un capital interés.

Movimientos provocados. — Suelen considerarse como tales los de la sensitiva, los de las plantas carnívoras y algunos otros de los órganos reproductores. Definiendo estos movimientos, dice en su *Manual de Botánica* Lázaro é Ibiza: «Hay algo que les distingue perfectamente de todos los otros, y es el no producirse sino bajo la influencia de excitaciones pasajeras, desapareciendo en cuanto éstas han cesado de obrar, y el hacerse insensibles las plantas á estas excitaciones cuando se les somete á la acción de los anestésicos.»

Fig. 98. – Sensitiva (*Mimosa pudica*).

Son muchos los botánicos que para fijar la atención de los lectores y de los estudiantes sobre este asunto eligen como motivo de estudio los movimientos de la sensitiva, planta leguminosa (figura 98) cuyo nombre alude precisamente á la facilidad con que pliega sus hojas y doblega sus ramas bajo la impresión de un cuerpo exterior cualquiera.

La *Mimosa pudica* es una plantita originaria del Brasil, semejante á las acacias, que tiene sus florecillas en glumérulos y sus hojas compuestas con delicados foliolos, largamente pedunculadas y de ordinario abiertas, extendidas, con los peciolos, lo mismo que los ramillos, dirigidos hacia la parte superior. Una trepidación del suelo, la presión, por suave que sea, de un objeto, la corriente del aire, una impresión cualquiera, motiva el que los peciolos primarios se inclinen hacia el suelo, los secundarios se dirijan hacia delante y los foliolos se apliquen el de un lado al del otro, al mismo tiempo que dirigen sus extremidades hacia la parte anterior. Parece ser que todo este movimiento es ocasionado por unos cojinetes, extremadamente sensi-

bles, que se hallan situados en la articulación de los peciolos secundarios con el peciolo primario. Estos órganos se hallan formados por células muy jugosas que durante la vida de la hoja no adquieren rigidez, sino que se conservan en el mismo estado que cuando nacen. Agrégase que aquellas hinchazones celulares, que se consideran como órganos motores, no poseen sensibilidad más que en la mitad inferior. Con mucho cuidado puede hacerse que sólo se pliegue una hoja, y aun un foliolo, localizando la acción, que si es brusca, afecta á la mayor parte de las hojas por una especie de transmisión que cada hoja verifica del sacudimiento que sufre; también puede ser debido el que se transmita el movimiento de una hoja á la otra al cambio de posición que se opera en los líquidos interiores de la planta.

Al poco tiempo, si la causa que motiva estas manifestaciones sensibles cesa, la sensitiva recobra su posición normal, y poco después se halla en disposición de repetirlas. Un detalle curioso que suele citarse, es el de que la planta parece acomodarse á ciertos movimientos que no le perjudican; así, la trepidación motivada por un carruaje inmediato hace que las hojas se plieguen en el primer momento, pero si es continuada, al instante vuelven aquellos órganos á su normal posición y ya no se conmueven por la misma causa.

Independientemente de estos movimientos provocados tiene la sensitiva otros que parecen ser espontáneos y se refieren al fenómeno general del nictitropismo, que en otro lugar examinaremos. Se puede hacer claramente la distinción entre las dos clases de actos motores; ya observó Brücke, á mediados de siglo, que los órganos del movimiento, los cojinetes, permanecían blandos y flexibles durante los actos provocados y en cambio estaban rígidos en los actos nictitrópicos. Paul Bert, usando de los anestésicos, logró destruir los movimientos provocados haciendo la planta insensible á ellos, sin lograr que los espontáneos cesaran, que el nictitropismo se amortiguara de un modo notable.

Los movimientos provocados por la acción de los cuerpos ó de una fuerza mecánica cualquiera, son más generales de lo que á primera vista pudiera creerse; en muchas, muchísimas plantas, si las hojas se frotan suavemente con un cuerpo sólido, la superficie

que sufre la impresión, por lo menos, se vuelve cóncava, ya que no se doble; de ordinario la región sensible se halla cubierta de pelos, lo que aumenta la intensidad de la excitación sufrida.

Van Tieghem cita entre las especies dotadas de movimientos provocados, las siguientes:

Oxalis sensitiva.
» *acetosella.*
» *stricta.*
» *corniculata.*
» *purpurea.*
» *carnosa.*
» *Deppei.*
Robinia pseudacacia.
» *viscosa.*
» *hispida.*
Mimosa sensitiva.
» *prostrata.*
» *casta.*
» *viva.*
» *asperata.*
» *pudica.*
» *quadrivalvis.*
» *dormiens.*
» *Pernambuca.*
» *pigra.*
» *humilis.*
» *pellita.*
Æschynomene sensitiva.
» *indica*
» *pumila.*
Desmanthus stolonifer.
» *triquetrus.*
» *lacustris.*
Smithia sensitiva, etc., etc.

De todas ellas, las más sensibles son la *Mimosa pudica* y el *Oxalis sensitiva*, que con sólo una ligera excitación, un golpe, la proximidad de un cuerpo candente, la acción de los ácidos, la de una corriente eléctrica, pliegan sus hojas y rinden sus ramillas; las demás necesitan, para determinar el movimiento, que la excitación sea muy violenta.

Gozan algunas plantas de movimientos especiales gracias á los que se apoderan de los insectos y favorecen su digestión; estas plantas se han denominado *carnívoras* y fueron objeto de un notabilísimo trabajo de Darwin *(Las plantas insectívoras)* que sorprendió á las gentes de ciencia por la valía de concienzudas observaciones anotadas y á todo el mundo culto por la curiosidad y la novedad de los datos.

Entre las plantas insectívoras que disponen de movimientos provocados por las mismas víctimas, se encuentran nuestras droseras (1), especialmente la *Drosera rotundifolia* L. (fig. 99).

Las hojas de las droseras tienen toda la superficie cubierta de prominencias que morfológicamente pueden considerarse como pelos glandulares, pues son cilíndricas, se ensanchan en la extremidad y segregan un líquido viscoso que destilan normalmente en pequeñas gotitas hialinas, que heridas por el sol parecen gotas de rocío; á esta particularidad se refieren los nombres vulgares españoles de *hierba de la gota* ó *rocío del sol* con que la *Drosera rotundifolia* es conocida.

El brillo de las gotitas atrae á los insectos; si se posan sobre las hojas de aquella planta seductora, muy pronto son aprisionados; los pelos todos, especies de tentáculos, envuelven al animal mientras intenta despegarse del líquido viscoso que le sujeta, y cuanto más se agita y más esfuerzos hace para huir, es con más fuerza retenido, hasta que sucumbe y sirve para satisfacer la voracidad del vegetal.

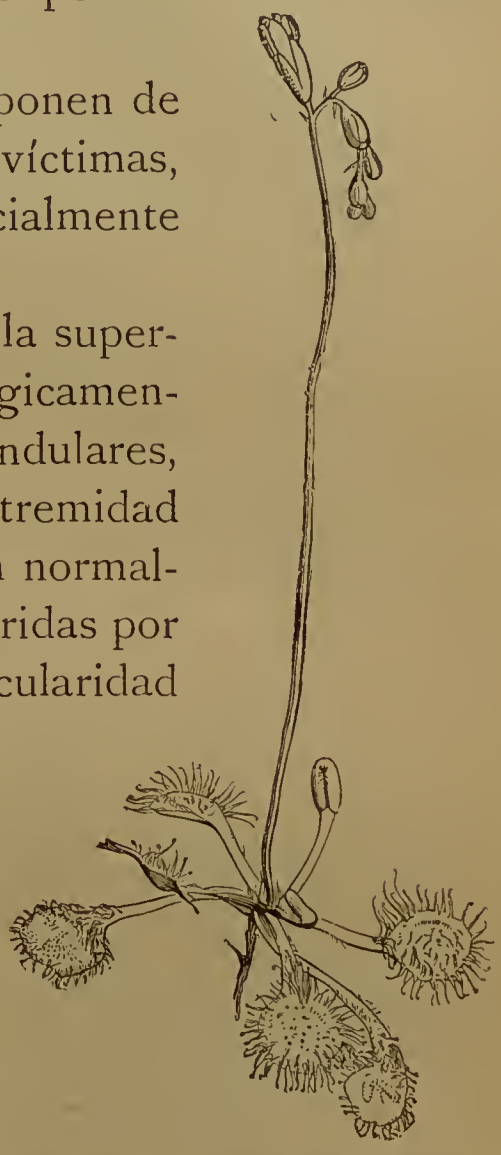


Fig. 99. – *Drosera rotundifolia* L.

(1) En España habitan las especies siguientes:

Drosera rotundifolia L. Llamada vulgarmente en algunos puntos *rocío del sol*, en otros *hierba de la gota*. Habita en los sitios encharcados de las montañas cantábricas, carpetanas, de Toledo, Aragón y Cataluña.

Drosera longifolia L. Sólo hallada en los Pirineos catalanes.

Drosera intermedia Hayne. En Galicia y Asturias.

Drosera (Drosophyllum) lusitanicum Lk. En las montañas más meridionales de la península (Algeciras, San Roque, Alcalá de los Gazules, Mediodía de Portugal).

Una planta que también habita en nuestro país, se cita como insecticida ya que se duda sea insectívora: la *Utricularia vulgaris* de los lugares pantanosos (fig. 100); ésta tiene entre las hojas muchos foliolos transformados en pequeños sacos ó utrículos, cuya abertura se halla cubierta de pelos que se inclinan hacia la parte interna; encima del orificio, entre los pelos que le cubren, hay una especie de trampa; si un pequeño insecto se posa sobre la trampa, cede ésta y la víctima cae al fondo del saco donde halla una segura muerte, pues la trampa vuelve en seguida á su primitiva posición y los pelos además impiden que el insecto retroceda.

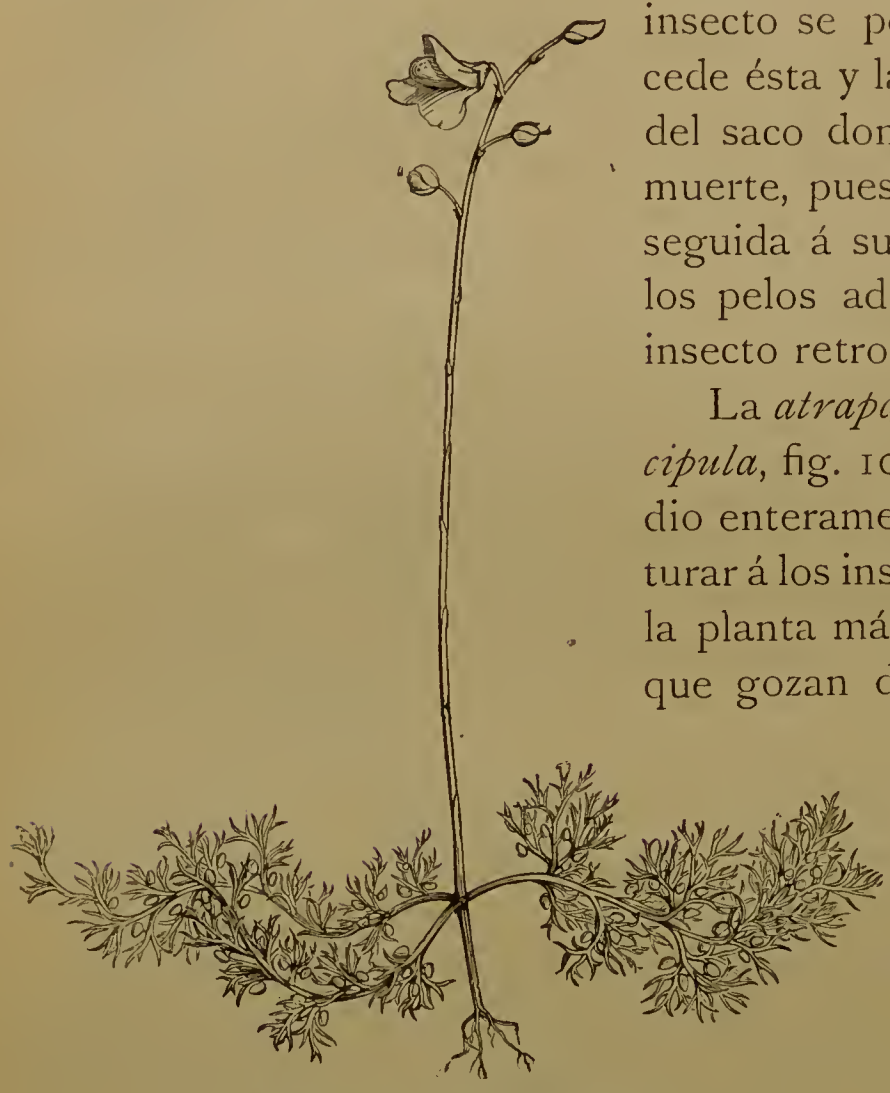


Fig. 100.—*Utricularia vulgaris.*

La *atrapamoscas (Dionæa muscipula*, fig. 101) dispone de un medio enteramente distinto para capturar á los insectos; es seguramente la planta más curiosa de todas las que gozan de aquella propiedad. Vuilleminladescribe del modo siguiente: «La hoja de la *Dionæa* tiene un pecíolo dilatado y un limbo bivalvo, cuyas mitades se separan como las tapas de un libro entreabierto. Las márgenes están guarnecidas de expansiones estrechas, agudas, ligeramente curvas hacia dentro, colocadas de suerte que se entrecruzan con facilidad, cerrando el intervalo que separa las dos partes en el punto que se reunen. En efecto, esta especie de libro puede cerrarse, pero no espontáneamente, sino por medio de un mecanismo que no es fácil estudiar, á causa de la sencilla estructura de estas plantas. En la cara interna, cada válvula tiene tres pelos, verdaderas papilas táctiles cuyo rozamiento basta para determinar

el cierre completo y rápido de la hoja, mientras que una fuerte sacudida de las partes inmediatas no daría ningún resultado. La facultad motriz, que tiene su asiento cerca del nervio medio, el cual hace el oficio de charnela, está localizada, por tanto, en un órgano distinto de aquel en que reside la facultad sensitiva. Con todo, el órgano del movimiento es, como el de la sensibilidad, una simple célula, lo cual demuestra que las profundas diferenciaciones con que se ha caracterizado al sistema muscular, nervioso de la vida de relación ó de la vida orgánica, están contenidas potencialmente dentro de la célula de que derivan; que todas las complicaciones de la máquina orgánica en los animales superiores no son sino el simple desarrollo de las propiedades esenciales del elemento primordial. Este no se halla tampoco sujeto á una forma determinada para producir un efecto dado. Si la Naturaleza se muestra admirable en la complejidad de sus obras, es todavía maravillosa en un grado mayor por la multiplicidad de los procedimientos que pone en juego para llegar á un mismo fin, y por la precisión con que llega á su objeto por las vías en apariencia más contradictorias á los ojos de nuestra razón confundida.»

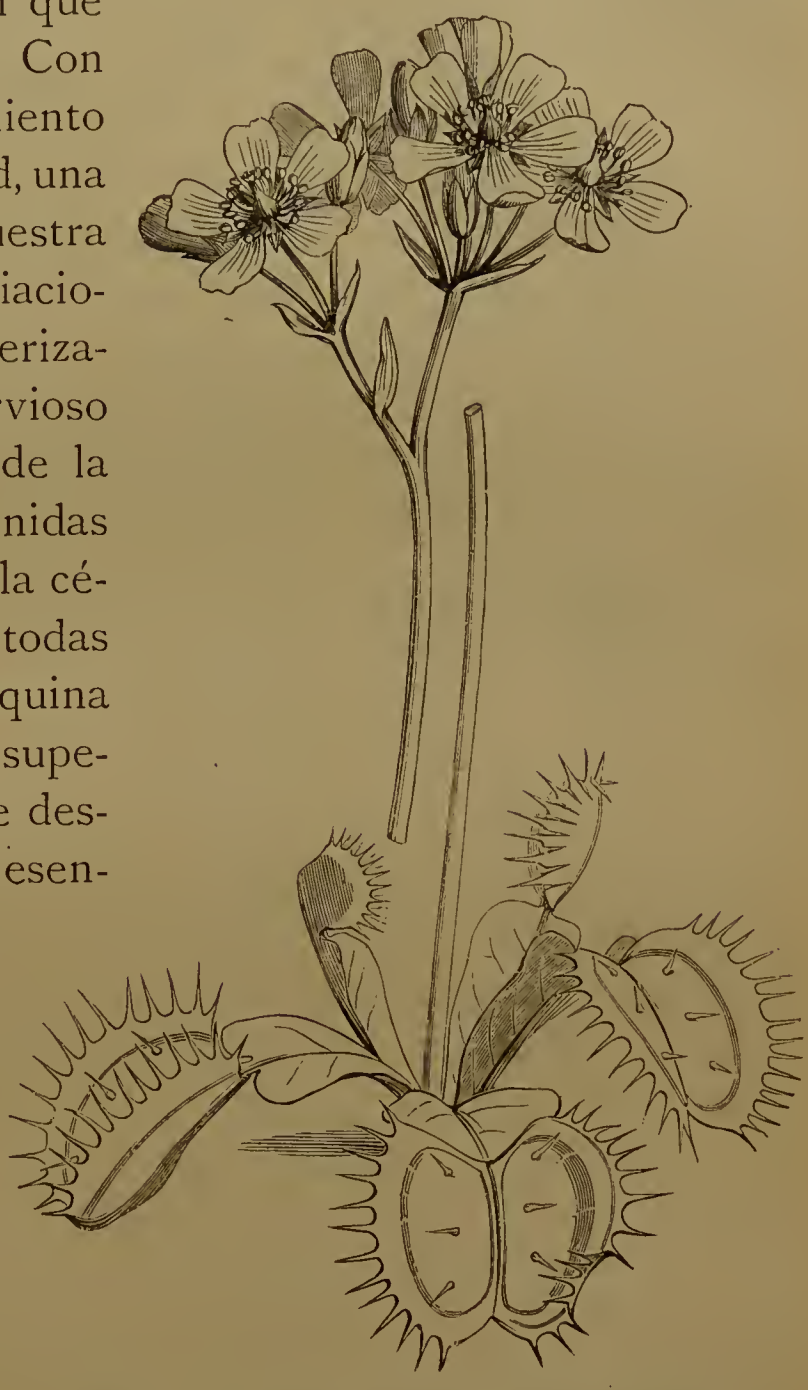


Fig. 101. - *Dionæa muscipula* (atrapamoscas).

El agente que pone la mayoría de las veces en juego la sensibilidad de la *Dionæa* es el pequeño insecto que llega á impresionar las papilas irritables. Y lo es para su desgracia, porque, semejante

al ratoncillo que cae en la trampa, se encuentra preso por el entrecruzamiento de los lóbulos filiformes aun antes que las valvas hayan llegado á ponerse en contacto. En este momento, el limbo que el insecto visitaba con entera confianza cambiará sus paredes, ya convertidas en muros de una prisión, en verdadero estómago, exudando por numerosos pelos glandulares un líquido viscoso que, impregnando el cuerpo del insecto, acaba por disolverle.

Los insectos pueden provocar en las plantas otra índole de movimientos, distintos de los que hemos observado en las droseras y en la *Dionæa;* aludimos á los movimientos de los órganos reproductores, principalmente de los estambres. Sin que sea necesaria la acción de aquellos animales, hay también estambres que se mueven cuando llega el instante de la dehiscencia de las anteras. Ejemplo de esto tenemos en la *parietaria*, tan abundante en todo nuestro país; en esta planta permanecen los estambres doblados, envueltos por los sépalos, con las anteras hacia el centro de la flor masculina; en un momento determinado, los estambres se desdoblan bruscamente y arrojan el polen á los lados con cierta violencia. Este movimiento puede provocarse con sólo impresionar bruscamente el centro de la flor.

En la *Sparmania africana*, planta cultivada en las estufas con bastante frecuencia, se observa en el andróceo un movimiento muy curioso. Los estambres se hallan distribuídos en seis haces y de ordinario aplicados al ovario; basta una impresión, que no necesita ser muy violenta, para que todos se separen, colocándose en posición radiada, divergentes y formando una especie de erizo hemisférico. De idéntica propiedad gozan, aunque no con tanta intensidad, las flores de las jaras y de otras cistáceas, las de la higuera chumba, de la verdolaga, etc. Son muy frecuentes estos movimientos más ó menos acusados al exterior y dependen ó auxilian la función reproductora.

Los insectos, ó un cuerpo excitante cualquiera, provocan en las flores del agracejo *(Berberis vulgaris)*, en las de *Mahonia*, *Mimulus*, ciertos cardos y achicorias, movimientos que implican una gran sensibilidad en los órganos reproductores y que tanto favorecen el acto importantísimo de la fecundación.

Movimientos espontáneos. – No deja de tener esta división carácter de arbitraria; es muy difícil separar los actos espontáneos de los actos provocados por una excitación cualquiera, si no es por la mayor generalidad de los primeros y la relativa escasa frecuencia de los segundos. En todo movimiento, claro es que hay una causa que lo excita, que lo provoca, y bajo este punto de vista todos son provocados; pero las excitaciones de los movimientos normales residen en la organización misma, son efecto de las funciones del vegetal, y los que denominamos provocados obedecen á excitaciones venidas de fuera y vienen á auxiliar ó favorecer el normal funcionalismo orgánico. Ya hemos visto que la acción de los anestésicos parece establecer una clara diferencia.

Hemos citado ya y conocemos los movimientos que reciben el nombre de nictitropismo, circunmutación y heliotropismo. Como todos estos se hallan relacionados con la especial fisiología de las hojas, de las raíces, de los tallos, y aun de las flores, dejaremos el examen de los detalles para el lugar que en la Botánica especial destinaremos al estudio de los órganos de las fanerógamas.

Se ha buscado con insistencia el origen parcial de cada uno de los movimientos, sobre todo de los espontáneos, y el motivo general á que obedecen. Este no puede ser otro que las propiedades generales de la célula y la característica movilidad de la materia viva, del protoplasma, origen y fuente de todas las acciones dinamobiológicas, cualquiera que sea el aspecto ó la forma bajo la cual se presenten ante nuestra vista. Y observemos la importancia que tienen los movimientos de los vegetales, que acabamos de señalar; no se refieren estos detalles á los protistas que ligan uno á otro mundo orgánico, sino á los vegetales superiores, á las plantas que hermosean nuestros jardines y á los árboles más gigantescos de los bosques. Esto quiere decir que la movilidad es condición de la vida y que erraron el camino por completo los naturalistas cuando pretendieron establecer abismos entre el desenvolvimiento de la vida vegetal y el de la vida de los animales.

En este problema, como en otros muchos fundamentales de la Biología, se destaca el juicio severo, paciente, observador, genial, de Carlos Darwin, el iniciador de la Ciencia unitaria de nuestros días y el factor á la vez de las experiencias y de las observaciones

que más claramente prueban los fundamentos de su sistema, al que tan bien se acomoda el espíritu social de este tiempo.

Movimientos de atracción recíproca. – Para que la unidad entre los actos fundamentales de la vida de relación animal y vegetal sea mayor, existen también entre las plantas movimientos atractivos que se ejercen á distancia entre plantas diferentes ó entre los órganos de una misma planta.

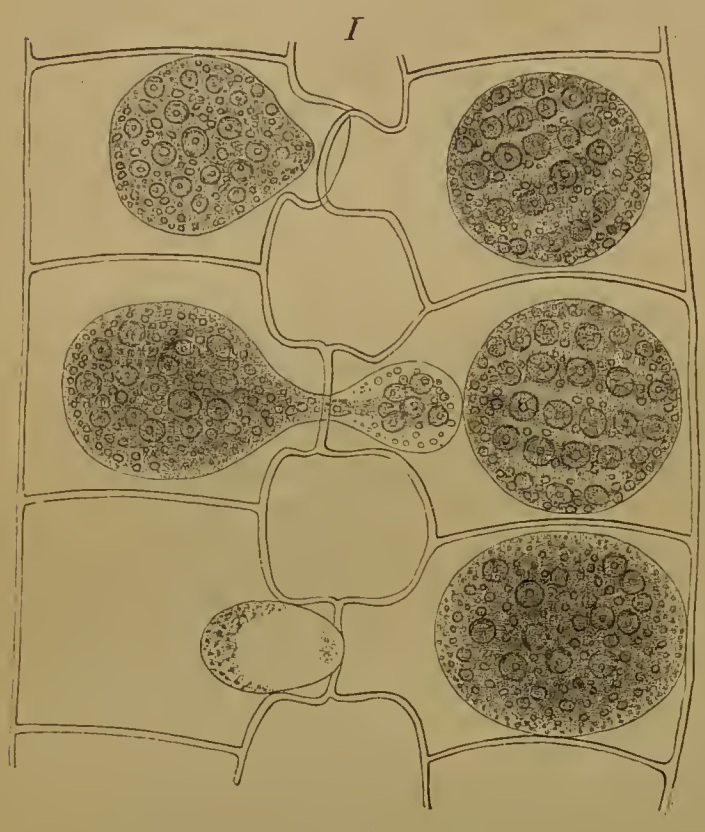


Fig. 102. – Movimientos de atracción recíproca. Conjugación de la *Spirogyra Heriana* Næg. ($\frac{190}{1}$).

Estas atracciones se observan de una manera terminante entre los órganos reproductores de las criptógamas que nadan en un mismo líquido; la atracción sexual tiene aquí los mismos caracteres que en los animales inferiores.

Vuillemin, en su notable *Biología vegetal*, tantas veces citada, analiza dos casos importantes de movimientos de atracción: el de las *Spirogyra*, que se conjugan, y el de ciertos hongos que han sido admirablemente estudiados por Van Tieghem.

En las *Spirogyra*, algas filamentosas frecuentes en las aguas dulces, el fenómeno de la conjugación que en otra parte hemos estudiado (págs. 107 y 108), tiene lugar entre células pertenecientes á dos filamentos distintos, situados el uno frente al otro, á veces á cierta distancia que no impide el que en la célula, que pudiéramos considerar como masculina, el protoplasma tienda á dirigirse hacia la célula femenina, hasta fundirse con el contenido de ésta (fig. 102) para formar el germen, que se denomina *cigospora*. Se ve aquí una verdadera acción recíproca, que viene á resaltar más cuando el filamento masculino, por ejemplo, se encuentra influído por dos filamentos femeninos, uno á cada lado; entonces comienza por emitir

prolongaciones á uno de ellos, pero siempre quedan células vacantes de las cuales proceden tubos copuladores que vienen á fundirse con el otro; y casos hay todavía en que la atracción recíproca se manifiesta de un modo aún más claro.

En los hongos del grupo de los mucoríneos la producción de cigosporas por fusión de tubos que proceden de ramitas ó de filamentos distintos, se opera aún á mayores distancias que en las algas conjugadas. Cita Van Tieghem hechos muy curiosos de hongos que viven parásitos de otros de su mismo grupo, entre ellos el *Piptocephalis arhiza*, cuyas esporas sólo germinan cuando se hallan en presencia de semillas de *Piloborus*, *Mucor*, ó de algún género próximo, sobre los cuales viven; les basta que la semilla del hongo se halle á cierta distancia; parece que disfrutan de la facultad de elegir la víctima de su parasitismo cuando no ha roto aún la envoltura del huevecillo. Van Tieghem atribuye este movimiento al medio nutritivo que el *Mucor* disemina y que primero puede alimentar á distancia al *Piptocephalis* y sirve á éste para hallar fatalmente la plantita en que ha de fijarse.

Sea de ello lo que quiera, vienen á aumentar estos hechos la amplitud y la variedad de los movimientos que el botánico observa en el mundo vegetal.

II. – FUNCIONES DE NUTRICIÓN

ABSORCIÓN

Los vegetales viven en un medio que contiene las substancias todas necesarias á su vida; es necesario que tomen estas substancias, que las conviertan en materia asimilable y que la asimilación tenga lugar; ésta es un fenómeno íntimo que en vez de ser de conjunto es de detalle, corresponde á los elementos histológicos y se realiza como indicamos al describir la vida de las células.

Antes de la asimilación tienen lugar actos preparatorios; el primero es la absorción; absorción de fuerza, de energía, de movimiento vibratorio, que puede penetrar en el organismo en forma de alimentos ó en forma de radiaciones, principalmente luminosas y caloríficas.

Los cuerpos absorbidos se difunden después por el vegetal, tras de la absorción viene la difusión; una y otra tienden á sostener el equilibrio de las transformaciones internas con las fuerzas exteriores; cuando un vegetal contenga materiales suficientes, la absorción será nula ó casi nula; cuando las pérdidas, la excreción sea muy grande, la absorción ha de ser activa; la cantidad de materiales interiores existentes es el primer dato que regula la actividad absorbente de las plantas.

La absorción depende también de las condiciones del medio (suelo y atmósfera), que obligan á excreciones mayores ó menores.

Se creyó mucho tiempo que sólo era posible la absorción mediante el agua, que para ser absorbidos los materiales habían de ser previamente disueltos; el poder difusivo del agua era aprovechado para la difusión de los elementos más refractarios. Este juicio es inexacto; pueden penetrar en el interior de las plantas cuerpos en estado sólido, mediante el influjo de ciertos principios que contienen las superficies absorbentes. No sólo en los animales precede una transformación de los alimentos á su circulación por el organismo, también en las plantas ocurre el mismo caso; la digestión es un acto común á todos los seres orgánicos.

¿Cómo y por dónde se opera la absorción de las substancias que el vegetal necesita? Es asunto éste que corresponde á la Botánica especial; el único dato que adelantaremos aquí es que hay absorciones, por diferentes superficies, de elementos gaseosos, líquidos y sólidos; pero el punto en donde la función se localiza con caracteres más propios es en las raíces, y no en su extremidad precisamente, sino en los pelos radicales inmediatos. Aquí haremos constar algunas particularidades de carácter general aplicables á todas las plantas y que se refieren á los alimentos ó á los movimientos vibratorios de un modo directo absorbidos.

Alimentos. – Para definir como alimento un cuerpo cualquiera, es necesario que reuna dos condiciones: que sea indispensable á la vida de la planta; en segundo término, que se encuentre en una combinación tal que pueda ser absorbido primeramente y después asimilado.

Suelen seguirse dos procedimientos para averiguar cuáles han de ser los alimentos de un vegetal; el primero es analítico y sintético el segundo. Consiste aquél en buscar la composición química de la planta objeto de estudio; así se han hallado doce cuerpos indispensables: el carbono, el nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, fósforo, azufre, cloro, silíceo, potasio, calcio, magnesio y hierro. No deja de tener este método analítico ciertos inconvenientes, porque no siempre está determinada la importancia de un cuerpo por la cantidad en que se encuentra, sino que elementos de los cuales solamente existen vestigios pueden tener una misión capital. Cuando se analizan diferentes plantas, se encuentran unos elementos comunes á todas ellas y otros especiales, variables de una planta á otra y más ó menos accesorios; ellos han de ser los que determinen la posibilidad de existencia de ciertas especies; los elementos generales son en absoluto necesarios cualquiera que sea el vegetal de que se trate.

El método sintético viene á corroborar los datos obtenidos por el análisis; es un método experimental que consiste en desenvolver una semilla creándole artificialmente un medio en el que se encuentren todos los elementos necesarios y en la forma más apropiada para su asimilación. Claro es que siguiendo este método hay que tener en cuenta las reservas de que la semilla disponga y un cúmulo de circunstancias que el experimentador ha de calcular si quiere obtener resultados favorables. Interesa especialmente este problema, bajo el punto de vista práctico, al agrónomo, quien debe conocer previamente las condiciones del suelo y las exigencias de la planta, todo lo cual requiere un trabajo analítico previo para ajustar el cultivo á las circunstancias del medio ó modificar éste de un modo inteligente.

Grandeau, en uno de sus *Estudios agronómicos* (1885-86), sintetizaba de un modo que juzgamos digno de ser conocido el problema de los alimentos de la planta en los párrafos siguientes. «Entre los trece ó catorce cuerpos minerales cuyo conjunto, bajo la influencia de la vida, constituye todos los vegetales, hay cuatro ó cinco todo lo más, tres tan sólo en la mayoría de los casos, que el agricultor debe tener en cuenta para conservar ó acrecentar la fertilidad del suelo que cultiva. Estos tres elementos minerales son el

nitrógeno, la potasa y el ácido fosfórico; la cal y la magnesia faltan raras veces en absoluto en los suelos agrícolas, por lo que juzgamos que no es indispensable su restitución. Ciertos suelos exigen no obstante el empleo de la cal. En cuanto al hierro, al azufre, al cloro, á la sílice y al carbono, el suelo se halla abundantemente provisto de los cuatro primeros y el aire es de sobra rico en ácido carbónico para que tengamos necesidad de restituir á la tierra las cantidades considerables de este cuerpo que las cosechas le arrancan.

»A excepción del suelo donde la cal es necesaria, el agricultor habrá de preocuparse, pues, en los estiércoles que aplica, de aportar á la tierra tan sólo estos tres elementos: nitrógeno, potasa y ácido fosfórico. Para dar una idea de la importancia de los elementos tomados á la atmósfera y al suelo por las cosechas, sin entrar en detalles, elegiremos como ejemplo el cultivo del trigo. Una recolección de quince hectólitros en cada hectárea, cifra media en Francia, en números redondos, comprendiendo la paja, se lleva 33 kilogramos de nitrógeno, 31 de potasa y 15 de ácido fosfórico. En siete millones de hectáreas representa esto un consumo anual de 231.000 toneladas de nitrógeno, 217.000 de potasa y 105.000 de ácido fosfórico.

»La conclusión manifiesta de lo que precede es, de un lado, la necesidad de restituir á la tierra, para mantener su fertilidad, los elementos minerales que con lareco lección se le quitan; de otro, la posibilidad de aumentar notablemente su fecundidad dándole por el abono algo más de ázoe, de potasa y ácido fosfórico que lo exigido por las cosechas ordinarias.»

Estos párrafos del ilustre agrónomo francés hacen comprender dos cosas: que el problema es para el agrónomo distinto que para el fisiólogo, pero sólo en parte, pues ambos han de partir de esta consideración: el cuerpo simple podrá ser elemento indispensable para la vida y podrá no ser un alimento; en segundo término parecen existir, y el ejemplo de la cal lo indica, alimentos indirectos que por sí no representen en la constitución química del vegetal misión de importancia, pero en cambio, puestos en el suelo, contribuyan á la absorción de otros cuerpos absolutamente indispensables. Indica esto también que no es pasiva la acción de la planta

respecto á los alimentos, que influye de un modo directo y activo preparándolos con el fin de que puedan ser asimilados.

De un modo típico pudiéramos calcular, como hacen algunos autores, las condiciones que debiera reunir un alimento completo; parécenos cosa difícil reducir á unidad materia de suyo tan variable, pues las diferencias específicas imponen para cada planta, ó grupo de plantas análogas, una disposición especial de los elementos necesarios para la alimentación.

Expondremos aquí ligeramente, y para no entrar en detalles que exigen un conocimiento nada superficial de los problemas de la Química biológica, la manera como se verifica en general la absorción, según el estado de los cuerpos absorbidos.

Los alimentos gaseosos penetran en el vegetal en virtud de las leyes físicas de ósmosis y difusión y por todas las partes puestas en contacto del gas. Se establece así una especie de atmósfera interna que tiene su máximum de extensión en las plantas acuáticas.

Del aire toman los tejidos su principal elemento de vida, el oxígeno; pueden también absorber otros gases de escasa actividad é influencia en los fenómenos de asimilación, gases inertes ó poco menos, como el nitrógeno, el hidrógeno, el óxido de carbono, etc.

Envolviendo las plantas de ciertos cuerpos gaseosos (ácido sulfuroso, sulfídrico, etc.), son absorbidos y obran como venenos; los vapores de alcohol, éter, cloroformo, etc., en pequeñas dosis, producen la anestesia del vegetal.

Toda la superficie de la planta se halla en disposición de absorber los cuerpos gaseosos. En las fanerógamas, la raíz absorbe incesantemente oxígeno; para probar esto, basta introducir raíces en frascos donde haya gases determinados y analizar éstos al cabo de algún tiempo. Experiencias análogas prueban la absorción gaseosa en los tallos, en las hojas, en las flores, en los frutos.

Los dos gases de mayor importancia son el oxígeno y el ácido carbónico.

Absorción del oxígeno. – Si colocamos en el interior de un frasco con aire atmosférico, una parte cualquiera vegetal, hojas, tallo, flores, semillas, etc., y analizamos el aire pasado algún tiempo, encontraremos que ha disminuído el oxígeno ó ha desaparecido por completo. Para lograr este efecto, si las partes vegetales son

verdes habrá que preservarlas de la radiación, que conduce á fenómenos que harían variar algún tanto el resultado.

Las partes todas de los vegetales absorben, pues, el oxígeno, y esta absorción es en absoluto necesaria, indispensable para la vida; dejando los órganos en una atmósfera desprovista de oxígeno nos convenceremos de esto último.

No sólo toman las plantas el oxígeno del aire ó el disuelto en el agua; le pueden tomar de las combinaciones oxigenadas débiles; hay criptógamas que roban el oxígeno á los glóbulos rojos de la sangre, en los que existe debidamente combinado.

En la absorción del oxígeno influyen causas diversas. En primer término la presión; la más favorable es la de $^1/_5$ de atmósfera que posee en el aire ordinario; fuera de esta cifra, ya aumente ó ya disminuya, es siempre desfavorable; claro está que las variaciones en este dato han de ser numerosas, pues depende el hecho de la planta que se observe. La temperatura ejerce también influencia; comienza á veces la absorción del oxígeno á una temperatura inferior á 0° centígrados *(trigo)* y va en aumento hasta un máximum variable, próximo siempre á los 40°. La edad, la naturaleza del vegetal, el órgano que se estudie, influyen mucho en la absorción del oxígeno; alcanza su máximum cuando la planta es muy joven, cuando se encuentra en plena actividad y en vías de desarrollo; en las hojas es menor que en las flores y en éstas los estambres absorben mayor cantidad que los sépalos y los pétalos; las hojas crasas y las de plantas acuáticas ó de lugares pantanosos toman menos oxígeno que las de hojas persistentes y más que éstas las caedizas, algunas de las cuales, el *albaricoquero* por ejemplo, consumen cada veinticuatro horas ocho veces su volumen.

Hay algunos protofitos que pueden vivir sin el oxígeno y otros para quienes este elemento es un verdadero veneno; se les denomina *aerófobos;* figuran todos entre las bacterias *(Bacillus amylobacter, Vibrio minimus, Spirillum amyliferum).*

Se puede hacer constar la absorción del oxígeno en todas las partes de los vegetales, en las raíces, en los tallos, en las hojas y en las flores. Las hojas y los tallos verdes, en la obscuridad ó con luz difusa, consumen oxígeno atmosférico; bajo la acción de la luz, la clorofila, descomponiendo el ácido carbónico, pone oxígeno en

libertad, y superando éste al consumido por la planta, aparece en vez de una absorción de aquel elemento, una verdadera desasimilación. Fácil es convencerse de que este fenómeno no obsta para que en el vegetal sea precisa una oxidación incesante. La absorción de oxígeno en las flores es muy enérgica; las del *alhelí*, en veinticuatro horas consumen once veces su volumen de aquel gas; aislados estambres y pistilos, llegan á absorber hasta diez y ocho veces su volumen.

Absorción del ácido carbónico. — Cumpliéndose las leyes de la ósmosis, el ácido carbónico penetra dentro de los vegetales, ya se encuentre en el aire, ya disuelto en el agua, si la planta vive en este elemento; se acumula en las lagunas de los tejidos, se disuelve en el jugo celular y allí permanece hasta que este equilibrio se rompe por alguna acción nutritiva. Roto el equilibrio, consumido parte de aquél, es forzosa la difusión del resto y se impone nueva absorción. En las plantas ó en los órganos de éstas desprovistos de clorofila, y aun en las partes verdes cuando sobre ellas no ejerce su acción la luz, el ácido carbónico absorbido es inerte; la acción de la luz sobre la clorofila motiva la descomposición del ácido carbónico, y una enérgica absorción de este elemento gaseoso tiene lugar mientras dura aquel fenómeno.

Influyen en esta absorción la presión con que el gas se encuentra en la atmósfera y la proporción en que se halla. En una atmósfera de ácido carbónico, los órganos verdes no absorben dicho cuerpo aun cuando actúe la luz; para ser absorbido se requiere que esté mezclado, diluído, en otro gas pasivo. La dosis más favorable parece ser un 8 por 100, aunque varía según las plantas. También influyen en la absorción, la naturaleza de la planta, la edad, etc.

Las plantas pueden tomar el ácido carbónico de las combinaciones débiles; las acuáticas, una vez agotado el que se halle en el aire disuelto, le toman del bicarbonato de cal, motivando el precipitado del carbonato de cal.

Las raíces no absorben el ácido carbónico del suelo; las raíces aéreas que tienen clorofila están sometidas á las mismas condiciones que los demás órganos verdes.

Los tallos verdes suplen la falta ó la escasez de hojas, y absor-

ben aquel gas; cuando tienen clorofila, ofrecen muchas veces aspecto foliáceo ó son carnosos.

El verdadero asiento de la absorción del carbono son las hojas, que ofrecen un parenquima lleno de clorofila y una superficie muy extensa.

Es el ácido carbónico fuente inagotable de uno de los elementos más importantes para la vida vegetal, el carbono; por esto, sobre su misión en el organismo, hemos de insistir repetidas veces bajo aspectos distintos.

Absorción de los líquidos. — El más importante de los alimentos líquidos, es el agua; su absorción tiene lugar en virtud de las mismas circunstancias que permiten la de los gases, la difusión y la ósmosis.

Cuando una planta se halla desprovista de agua, la toma del medio; el líquido atraviesa las membranas y se difunde por el interior del vegetal; si no existieran pérdidas, llegaría un momento en que la planta quedaría saturada, pero la pérdida de agua es incesante y la absorción necesaria.

En el organismo, el agua tiene doble misión; da fluidez á los tejidos todos, que están impregnados de mayor cantidad de aquélla cuanto más activa es la vida y más joven la célula; es además el vehículo con el que penetran en el interior de los vegetales determinadas substancias. Pueden éstas también penetrar sin que el agua les acompañe; si las células bañadas por el líquido están saturadas de él, no le absorberán, pero sí podrán absorber los materiales que contenga disueltos, en una proporción variable. Cuando las substancias disueltas son varias, obran como si se hallaran aisladas, cada una es absorbida en la dosis que sus peculiares condiciones osmósicas permiten.

Varía la absorción de los líquidos según el grado de temperatura, la naturaleza de la planta, la edad, el órgano absorbente, etc. El límite inferior de temperatura es de 3° á 5°; un escaso número de especies son capaces de absorber el agua á 0°; á partir de este límite, aumenta el poder absorbente con el calor hasta llegar á un máximum que es variable (16° en la *adelfa*, 19° en el *sauce*), pasado el máximum vuelve á decrecer cuando la temperatura aumenta.

En la absorción del agua influyen los cuerpos que tenga disueltos. Los ácidos (nítrico, oxálico, tártrico, carbónico) activan aquella función; las sales logran el efecto contrario.

Las plantas absorben en ocasiones principios que les son perjudiciales y hasta venenos capaces de ocasionar la muerte; pueden en idénticas circunstancias penetrar en el interior del vegetal substancias colorantes; hay casos en que el organismo repele á éstas y á los venenos.

Es necesaria, indispensable, la absorción del agua; de ésta necesidad se formará idea viendo la proporción en que entra en el protoplasma más activo y en los órganos de mayor vitalidad y por las pérdidas que de ella experimentan continuamente las plantas; además, el movimiento de los jugos, la existencia misma de los plasmas, sería imposible sin el agua que forma la mayor parte de su masa.

Absorción de substancias sólidas. – No sólo penetran en el vegetal los alimentos en estado gaseoso y en estado líquido; pueden también penetrar, según ya hemos dicho, en el estado sólido; habrá, por tanto, una absorción de minerales en este último estado.

Durante algún tiempo se creyó que la condición obligada para penetrar en los vegetales era el que las substancias se encontraran disueltas en el agua. Experiencias de Way, Thomson, Huxtable y otros, han demostrado que ciertas substancias muy solubles pierden este carácter en contacto del suelo. Si se hacen filtrar al través de éste soluciones de potasa, amoníaco y ácido fosfórico, motívanse compuestos tan estables que un lavado posterior no arranca á la tierra ni una mínima parte de los elementos formados por aquellas soluciones. Hay en el suelo, pues, respecto á ciertas substancias, precisamente las de mayor importancia, un *poder absorbente*, como Way le designó. Ciertos cuerpos, como la cal, la sosa y el ácido nítrico, no se fijan, y por esta causa les contienen las aguas que se infiltran por el terreno. Al estudiar las raíces de las fanerógamas y su función especial, ya veremos de qué modo los cuerpos sólidos pulverulentos son digeridos por los pelos radicales; al desprender las raicillas del suelo en que se extienden, la tierra aparece adherida en los puntos en que tales apéndices existen.

Absorción de movimientos vibratorios. – La energía potencial que el desenvolvimiento de la vida exige, penetra no sólo en forma de alimentos, sino también en forma de radiaciones que el vegetal recibe de un modo directo, comunicándole con ellas el medio externo movimientos vibratorios, que son tan indispensables como las mismas substancias alimenticias.

Las radiaciones proceden del sol, sin cuyo influjo la vida de los organismos superiores no se concibe, pero adquieren forma diferente según la rapidez de la vibración y según su refrangibilidad. Existen *radiaciones térmicas*, las menos refrangibles, y por consecuencia las más lentas; producen la sensación que se denomina calor, y escapan por punto general al órgano de la vista. Hay *radiaciones luminosas*, dotadas de mayor refrangibilidad que las anteriores y, afectando á la retina, se determinan por la luz; también suelen admitirse *radiaciones fotográficas*, muy refrangibles, manifiestas por su propiedad especial de reducir las sales de plata.

Como quiera que nosotros juzgamos la forma de la radiación por las acciones que en nuestros sentidos determina, y de ellos carecen las plantas, para el organismo vegetal no existirán más que radiaciones que desenvuelvan la energía de la materia organizada en actos diferentes; y quién sabe si por fuera de las manifestaciones dinámicas que conocemos, existirán otras que escapen á la susceptibilidad de nuestro sistema nervioso.

Hacen falta á los vegetales todos, sin distinción alguna, radiaciones lentas ó térmicas que motivan un estado particular que se denomina *temperatura*. Ellas solas son suficientes para que la vida se realice sin dificultad; basta la energía potencial que proporcionan, para que la fuerza ayude á la materia en sus continuas transformaciones.

A las plantas verdes, dotadas de clorofila, les son necesarias para un funcionalismo normal radiaciones luminosas, sin las cuales no se realiza la asimilación del carbono; pero no es tan absoluta la necesidad, puesto que sabemos que hay vegetales que pueden vivir en la obscuridad.

Considera Vuillemin á la clorofila como reactivo de la radiación luminosa, agregando que aquel cuerpo no deja de tener cierta analogía con el pigmento retiniano, y las radiaciones que la descom-

ponen más activamente pueden hallarse desprovistas de poder calorífico.

Cada una de las radiaciones indicadas tiene acción sobre los vegetales; examinaremos someramente cuál es ésta.

Radiaciones térmicas. — Ejercen una gran influencia en las plantas, fundamental según hemos dicho. Hay para cada vegetal lo que se llaman *temperaturas críticas;* una *mínima* en que el crecimiento comienza y una *máxima* en que se detiene. Sufren ambos límites variaciones muy grandes en los individuos y en las especies; se citan ejemplos de semillas que germinan en el hielo y de esporas que resisten al agua en ebullición; estos son casos excepcionales, y aun respecto á ellos conviene no confundir la temperatura del medio con la temperatura del germen, pues si ésta fuese tal que los líquidos contenidos se congelaran, la detención de la vida sería inevitable.

El maíz admite una temperatura máxima de 27°2; el guisante, de 26°2; el berro *(Nasturtium)*, de 27°4. En cambio, hay plantas que viven en las fuentes termales, las *Beggiatoa* y ciertas algas oscilarias se multiplican en aguas que tienen 55° centígrados de temperatura. Cuando ésta excede del máximum, si bien en el primer instante el organismo no muere, continuando el aumento sobreviene la muerte muy pronto; la vida es más lenta á medida que la radiación calorífica disminuye, y cuando ésta, decreciendo, traspasa el límite mínimo, el desarrollo del vegetal se detiene y por último el organismo perece

Ciertas temperaturas son altamente favorables á la multiplicación de los vegetales, sobre todo de los inferiores; así, la de la sangre humana es medio muy á propósito para el desarrollo de los microbios patógenos, cuya acción cesa si por acaso el calor aumenta. Los pollos, cuya sangre es más caliente que la de los carneros, son refractarios al *Bacillus* del carbono, y éste en cambio se desenvuelve si aquellas aves se mantienen dentro del agua ó si se les enfría por un medio cualquiera.

Pueden actuar las radiaciones luminosas equilateralmente, y pueden actuar sólo en un lado y en otro no; en este caso, el crecimiento de la planta es distinto por una parte del de la otra, dando lugar á que el órgano sometido á tal influencia se encorve; el

fenómeno se denomina *termotropismo*, un caso de lo que en general se llama *termotactismo*.

Para resistir las variaciones térmicas, las plantas ponen en juego diferentes medios; así, se nota en algunas un dimorfismo relacionado con las estaciones ó con los cambios de localidad.

Radiaciones luminosas. — Se sabe que la luz, actuando sobre los corpúsculos clorofílicos, determina la descomposición del ácido carbónico. Se han hecho ensayos numerosísimos respecto á este trascendental asunto, pero como la intensidad de las radiaciones luminosas es difícil de medir, son poco conocidos los límites máximo y mínimo de las diferentes plantas. La capuchina (*Tropeolum majus*), según Sachs, expuesta cada día siete ú ocho horas á la luz, no puede fabricar los elementos necesarios para la producción de flores; en cambio, hay algas, musgos y helechos que fructifican en los sitios más sombríos.

La luz artificial puede en parte sustituir á la del sol; las observaciones publicadas por Siemens en 1881, referentes á la luz eléctrica, le condujeron á estas conclusiones: «La luz eléctrica es eficaz para producir la clorofila en las hojas y activa el crecimiento; un foco de luz eléctrica equivalente á 1.400 bujías, situado á dos metros de distancia de las plantas, parece producir idéntico efecto al de los rayos solares en el mes de marzo; se pueden obtener efectos muy importantes por medio de focos luminosos de mayor potencia; las plantas no exigen al parecer un período de reposo durante las veinticuatro horas del día; hacen progresos crecientes y notables cuando disfrutan en el día de la luz solar y en la noche de la luz eléctrica; la radiación calorífica de arcos eléctricos poderosos puede ser eficaz para contrarrestar los efectos de las heladas y adelanta la formación y la madurez de los frutos.»

No todas las radiaciones luminosas son igualmente útiles para las plantas verdes; no es, además, la parte visible del espectro la sola activa: se ha demostrado que las radiaciones ultravioladas pueden provocar la acción clorofílica.

En estos últimos tiempos es cuando ha podido resolverse satisfactoriamente la ardua cuestión de los varios efectos producidos por las distintas radiaciones. Aparte de otros autores, débese muy especialmente á Timiriazeff el éxito obtenido, gracias á un peque-

ño aparato que mandó construir y que denomina microeudiómetro. Con él, y comparando los resultados de diversas experiencias, empleando rayos distintos, ha probado que los solos útiles del espectro coinciden con las fajas de absorción, observadas en la clorofila, lo que en parte fué ya sostenido por Paul Bert á raíz de sus experiencias en 1869.

Los estudios de Timiriazeff han conducido á otra conclusión importantísima: la banda de absorción de la clorofila coincide con el máximum de intensidad térmica. Esta coincidencia del máximum térmico y el máximum de acción clorofílica es un hecho de trascendencia (Vuillemin).

En las plantas acuáticas, sobre todo en las algas que habitan diferentes profundidades oceánicas, se observa una adaptación de los pigmentos que las colorean á las radiaciones solares modificadas por el agua. En los lagos, en la superficie de los mares, las algas son verdes en su mayor parte; reciben la acción directa del sol; á cierta profundidad dominan las algas de color pardo, y las que viven en los grandes fondos son rojas.

Esta distribución vertical se repite en sentido horizontal en algunas grutas. Cita Falkenberg el hecho de que en la gruta *del Tuono*, que comunica con el mar, en la entrada son verdes las algas, más adentro pardas y en el fondo, adonde la luz no llega, no hay más que florídeas. El hecho prueba que en la repartición de las algas no es la presión causa influyente, lo es más la adaptación á las radiaciones luminosas.

III. – DIGESTIÓN

Podemos definir esta función en las plantas de la misma manera que en los animales: consiste en la transformación de los principios insolubles, no difusibles ó no asimilables, en principios solubles, difusibles y directamente asimilables por las células (Lanessán). Esta transformación se opera gracias á la presencia ó á la influencia de fermentos solubles.

Behrens hace constar que pueden actuar los fermentos digestivos sobre cuerpos solubles que no sean asimilables, y de la digestión dice que es «la acción ejercida sobre una substancia soluble ó

insoluble por una diastasa, que la desdobla en dos cuerpos muy simples y asimilables.»

Las principales transformaciones que en la digestión se operan se refieren á las féculas, azúcares, glucosas, substancias grasas y substancias albuminoideas, lo mismo en los vegetales que en los animales.

El almidón se hace soluble mediante un fermento que fué el primeramente conocido y que recibe el nombre de *amilasa;* se considera como la diastasa propiamente dicha. La reacción química que se opera consiste en lo siguiente: bajo la acción de la diastasa, el almidón ($C^6 H^{10} O^5$) se transforma en glucosa ($C^6 H^{12} C^6$); se origina desde luego maltosa ($C^{12} H^{22} O^{11}$) y diversas dextrinas que acaban por convertirse en este último cuerpo, que al fin, sufriendo la última hidratación, se convierte en glucosa, la forma asimilable del almidón.

La *digestión de las féculas* tiene especialmente lugar en las semillas que germinan y en los tubérculos; se opera, sin embargo, en cualquiera otro lugar en donde el almidón sea utilizado por las células. No puede menos de ocurrir así; las substancias amiláceas, según es corriente admitir, tienen su origen en los órganos verdes; sin embargo, en éstos no se acumulan, pues de acumularse entorpecerían la función, y en cambio, caminando por el vegetal, vienen á depositarse en determinados órganos, convirtiéndolos en almacenes alimenticios de reserva; para que este viaje se opere, el almidón ha de hacerse previamente soluble, pues sólo bajo esta forma puede circular. Y se cree que al mismo tiempo que en la generalidad de las células se produce el almidón, actúan sobre él diastasas transformándole

La semilla que germina, y en cuyo albumen abunda la fécula, al principio, á costa de ésta se alimenta; la acción tiene que ser forzosamente digestiva y el agente una diastasa que fué aislada por M. Payen de la semilla de algunas gramíneas.

En los tubérculos de la patata y de otros vegetales, que puestos en el suelo dan lugar á la formación de una nueva planta por el desenvolvimiento de las yemas, contribuye eficazmente la gran cantidad de fécula acumulada á este resultado.

Por último, si no bastaran estas pruebas, que vienen á enlazar

una vez más la biología vegetal con la biología animal, probaría de un modo terminante la misma conclusión, la experiencia hecha por algunos botánicos de alimentar diferentes plantas con el almidón.

Es verdad que en los vegetales no puede decirse que la digestión ésta se encuentre localizada en órgano alguno, y en los animales hay órganos especiales para tal objeto; sin embargo, no es esto rigurosamente exacto: la diastasa no sólo existe en la saliva, sino en el hígado, en la sangre y en cualquier punto del organismo donde haya que transformar substancias amiláceas.

Reviste excepcional interés para el botánico la *digestión de la sacarosa*, puesto que este producto es abundantísimo en los vegetales y se acumula formando materiales de reserva. Claudio Bernard demostró que el azúcar de caña no podía ser directamente asimilado; es forzoso que sufra una transformación previa, de la cual es agente un fermento que se denomina *invertina*, que logra desdoblar la sacarosa en lebulosa y glucosa.

Para que se verifique la *digestión de las grasas neutras*, existe en las plantas una diastasa que recibe el nombre de *saponasa*. Comienza ésta por saponificar aquellos cuerpos, desdoblándoles en glicerina y ácidos grasos. No termina aquí la transformación, sino que se continúa bajo la influencia de la *emulsina* hasta resultar en último término la glucosa.

Véase cómo llegan al mismo resultado cuerpos formados de tan distinta manera como el almidón, el azúcar de caña y las grasas neutras, y véase también cómo en los detalles la función digestiva vegetal corresponde en un todo á los fenómenos análogos que en la organización animal tienen lugar.

Prescindamos ahora de otras acciones muy comunes en las plantas que tienden á la transformación, á la digestión, de cuerpos minerales y de las que ya nos hemos ocupado en la absorción.

La *digestión de las substancias albuminoideas* por medio de la pepsina, dando por resultado la formación de peptonas, se opera también en los vegetales con alguna frecuencia; da lugar el desdoblamiento de estos últimos cuerpos, á las amidas, tales como la asparagina, leucina, tirosina y glutamina, que en todas las plantas existen y que en otro lugar han sido estudiadas (págs. 92 y 93). Pero sobre todo, donde el fenómeno de la digestión ésta reviste

caracteres más notables, es en las llamadas plantas carnívoras, que bien merecen párrafo aparte.

Plantas carnívoras. – Darwin denominó plantas insectívoras á aquellas que como las *Drosera*, *Nepenthes*, *Dionæa*, etc., se apoderan de los insectos y digieren la substancia orgánica de que están compuestos. Lo sorprendente del fenómeno hizo que se adoptara el nombre con que encabezamos el párrafo y que no fué dado por el autor de las observaciones fundamentales.

Convenimos con Van Tieghem en que este fenómeno no es en el fondo exclusivo de un cierto número de plantas, sino que el caso de las llamadas carnívoras es un hecho particular de un fenómeno muy general; podemos decir con el ilustre profesor francés, que *todas las plantas son carnívoras.* Lo notable, extraordinariamente curioso, es que ciertas especies dispongan de órganos especiales con los que capturan los insectos de que se alimentan en parte.

Al describir los movimientos de las plantas ya hemos dicho lo suficiente respecto á la atrapamoscas y á la *Drosera;* citaremos aquí algunos otros casos igualmente notables.

Es muy frecuente el que las especies herbáceas segreguen y extiendan por la superficie, líquidos viscosos; recordemos las hierbas mosqueras tan frecuentes en nuestro país (*Ononix pubescens* L., *On. viscosa L.*), algunas *Silene*, *Cupularia*, etc. La viscosidad hace que muchos insectos, atraídos por el olor ó por otras causas, queden pegados á la planta y, una vez retenidos, sean en parte digeridos.

Hay en España algunas compuestas, de bastante altura (cardanchas), cuyas hojas opuestas se unen por la base, se dirigen hacia la parte superior y forman una especie de recipiente donde se retiene el agua que sobre la planta cae, y en este líquido hallan la muerte no pocos insectos, convertidos al poco tiempo en substancia asimilable mediante una verdadera digestión.

Las *Nepenthes* (figs. 103 y 104) tienen sus hojas convertidas en elegantes vasijas, con su opérculo correspondiente y tapizadas en el interior de pelos glandulosos; reciben estos órganos interesantísimos el nombre de *ascidias*, y sirven á la vez de recipientes en donde se acumula una gran cantidad de agua y de trampas para

la caza de insectos, que si penetran en el interior de la ascidia, con dificultad pueden librarse de la muerte.

Igual disposición tienen las hojas de los *Cephalotus* (fig. 105) y de las *Sarracenia* (figs. 106, 107 y 108), si bien la forma de éstas es diferente y el opérculo distinto también.

En todos los casos citados y en algunos más que pudieran citarse, se ha probado de una manera evidente, por experiencias y observaciones numerosas, que los insectos aprisionados son digeridos y la substancia que les constituye asimilada por la planta. También se ha probado que igual suerte sufren pedazos de carne ó de albúmina puestos en contacto de las glándulas digestivas de los vegetales insectívoros.

Fig. 103. – *Nepenthes:* hoja con pecíolo alado y ascidia operculada

Apenas fué conocido este hecho, señalado por Darwin, por lo mismo que pugnaba con la misión que generalmente se atribuía á las plantas, en un todo distinta de la que los animales tienen, fué motivo de infundados recelos y apasionadas controversias. Las observaciones de Cramer, Falkand, Max Reess, H. Will, Gorup-Besánez y otros muchos, especialmente, en los últimos tiempos, el hijo de Darwin, han puesto fuera de duda la cuestión, y hoy se acepta bajo el criterio que, tomándole de Van Tieghem, hemos indicado al comenzar estos párrafos.

Ha logrado extraerse una verdadera pepsina de idéntica acción á la que en los animales motiva la digestión gástrica, en todos los casos citados, de plantas consideradas como insectívoras. Falkand fué el primero que la extrajo de las hojas de la *Drosera;* Reess y Will lograron con la pepsina extraída de las mismas especies, practicar artificialmente la digestión de trozos de fibrina.

Demostrada la existencia de este fermento en los vegetales, señalada nueva senda al estudio de la fisiología botánica, poco

Fig. 104. - Hojas de *Nepenthes* terminadas por ascidias

tiempo tardaron otros autores en comprobar que la pepsina existía en muchas especies no consideradas como carnívoras. Masters observó que las flores del heléboro digerían la albúmina coagulada. Wittmarck extrajo del látex de la *Carica papaya* tal cantidad de pepsina que con ella artificialmente motivó la digestión de ciertas substancias albuminoideas. Wurtz y Bouchut, en su estudio sobre la papaína, dicen que puede hacerse empleo médico de la pepsina que contiene; el látex de otros vegetales, como por ejemplo el de la higuera, contiene un fermento digestivo que no ha podido ser aislado, pero cuya existencia comprueban las observaciones de Bouchut. En los hongos mixomicetos, la presencia de la pepsina ha sido demostrada por Künne.

Notables en alto grado fueron los trabajos de Gorup-Besánez y Will, que resuelven por completo el problema de la digestión de las substancias albuminoideas por las plantas, aislando la pepsina de las semillas de la *Vicia sativa* (alverja). El análisis de aquellos

Fig. 105. – *Cephalotus follicularis.*

Fig. 106. – *Sarracenia rubra.*

trabajos se debe á M. Morren, del que copia Lanessán los siguientes párrafos, que transcribimos porque ellos encierran una prueba indiscutible del fenómeno fisiológico que describimos: «Se sabe, dice Morren, que las semillas de la *Vicia sativa* encierran con la fécula una notable cantidad de legumina, substancia albuminóidea análoga á la fibrina (á la caseína, según otros autores). Pues bien, cuando las semillas germinan privadas de la luz, la legumina des-

aparece y en cambio se forman la leucina y la asparagina; siendo tales hechos correlativos, Gorup-Besánez presumió que estos derivados de los cuerpos albuminóideos se formaban merced á un desdoblamiento producido por un fermento que contienen las semillas de *Vicia*.

»La experiencia confirmó sus previsiones: obtuvo un fermento que transforma enérgicamente la fécula en glucosa y los cuerpos albuminóideos en peptonas. Aislado, según el método de Hüfner, este fermento presenta exactamente las mismas propiedades que

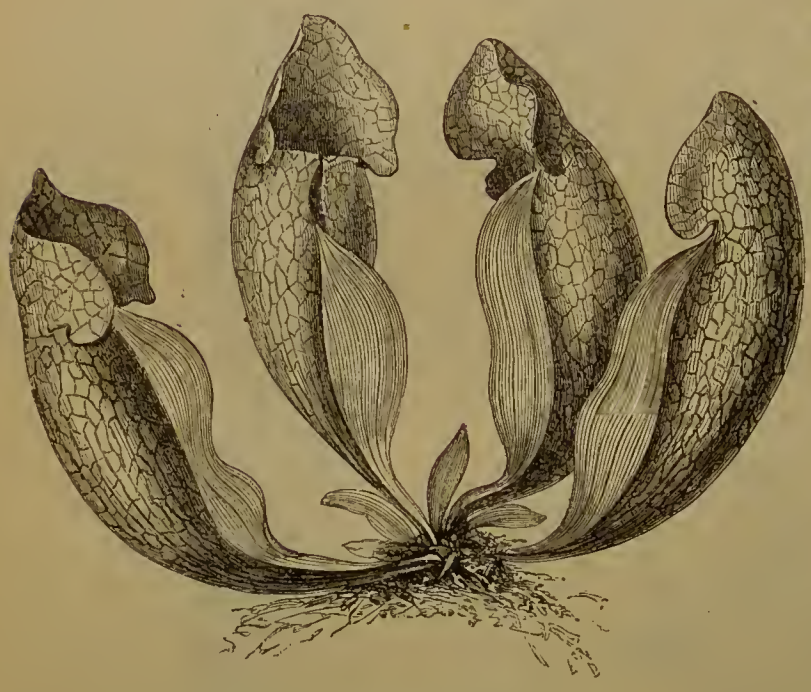


Fig. 107. – *Sarracenia purpurea.*

Fig. 108. – *Sarracenia flava.*

este autor había hecho constar en el fermento pancreático. El ilustre químico de Berlín empleó el procedimiento de extracción siguiente: las semillas de la *Vicia* bien pulverizadas se cubren con alcohol al 90 por ciento durante cuarenta y ocho horas; luego se filtra y hace secar el polvo por medio de un calor suave. Obtenido esto, se le mezcla con glicerina bien densa en forma de jarabe, dejando obrar la glicerina por espacio de treinta y seis á cuarenta y ocho horas. Luego hay que filtrar el extracto glicerínico exprimiendo suavemente el residuo; se pasan de nuevo por el lienzo los licores reunidos por este procedimiento. El líquido se vierte gota á gota dentro

de un cilindro que contenga una mezcla de ocho partes de alcohol puro por una de éter; cada una de estas gotas, al ponerse en contacto con la mezcla, produce inmediatamente un anillo, el cual enturbia capa por capa la mezcla indicada hasta depositarse formando un precipitado.

»Durante dos ó tres días se conserva este precipitado bajo el alcohol, con cuyo influjo se vuelve más espeso y viscoso; y para purificarle más, se le filtra y se le lava cuidadosamente, tratándole de nuevo por la glicerina. Así queda redisuelta la mayor parte de él, y el residuo insoluble en la glicerina muestra todos los caracteres de los cuerpos albuminóideos. Aislando otra vez, por medio del referido procedimiento, el fermento que contiene el nuevo extracto de glicerina, se le obtiene bajo la forma de un hermoso precipitado blanco, granuliento, que abandonado sobre el filtro adquiere rápidamente el color gris, y que desecado se transforma en una masa translúcida de aspecto córneo. El fermento obtenido de esta manera contiene azufre y nitrógeno, y sometido á la incineración, deja bastante ceniza; en la glicerina y en el agua se disuelve con facilidad.

»Las experiencias siguientes no dejan duda alguna acerca de la naturaleza de este fermento.

»Unas gotas de la solución en el agua ó en la glicerina, colocadas sobre una ligera costra de pasta de harina, convierten en azúcar, en el espacio de 2 á 3 horas y con una temperatura de 20° á 30° centígrados, una regular cantidad de aquélla. La presencia del azúcar fué comprobada en primer término por medio del licor de Fehling, luego por la solución alcalina de bismuto y por la fermentación determinada con auxilio de la levadura de cerveza bien limpia. La misma pasta de harina, por sí sola ó mezclada con glicerina, produce en igualdad de circunstancias resultados completamente negativos.

»La fibrina de la sangre, blanca y bien lavada, fué tratada, según el método de Grünhagen, por el ácido clorhídrico muy diluído (1 por 1000), hasta que adquirió consistencia gelatinosa. Un poco de fibrina así transformada, se mezcló con un volumen igual de ácido clorhídrico y dos gotas de la solución del fermento. En pocos minutos, y á la temperatura ordinaria del laboratorio,

habían desaparecido los contornos de los copos fibrinosos y poco á poco el todo se hizo homogéneo, transformándose en un líquido opalino; después de una hora ó dos, la mayor parte estaba completamente disuelta. Una acción más duradera, lo mismo que una elevación de temperatura á 25° ó 29° centígrados, no producen, al parecer, resultados ulteriores; y de otro lado, M. Besánez ha hecho notar, con sus investigaciones acerca de la pectonización de la especie, que una parte de los cuerpos albuminosos ofrece una resistencia mayor y al fin no se disueive. Los líquidos filtrados dieron con gran precisión todas las reacciones de la peptona; las soluciones no fueron precipitadas por los ácidos minerales diluídos (sulfato de cobre y cloruro de hierro), permaneciendo completamente claras por la cocción; por el contrario, llegaron á precipitar por el cloruro de mercurio (después de neutralizadas), por las sales mercúricas y mercuriosas, por el acetato de plomo mezclado con amoníaco y por el nitrato de plata.

»Las soluciones salinas de sangre llegaron á alterar las aciduladas por el ácido acético, y con el óxido de cobre y la potasa dieron una espléndida coloración azul, con el reactivo de Millon tomaron color rojo, y con el ácido nítrico color amarillo. El exceso grande de alcohol da un precipitado esponjoso. La fibrina hecha gelatinosa, tratada tan sólo por el ácido clorhídrico á dos por ciento, se hallaba, después de un largo tratamiento, muy poco modificada y no había perdido su aspecto esponjoso, semiopaco.»

Las observaciones que en los anteriores párrafos se consignan, permiten generalizar aún más el importante fenómeno de la digestión vegetal. Aparte de la alverja ó guijeta, existen no pocas leguminosas en cuyas semillas se encuentra la legumina, principalmente en las legumbres comestibles, que son alimenticias en alto grado porque contienen aquel principio cuaternario.

En las gramíneas, la presencia del gluten y de la glutamina, aún más semejante que la legumina á los principios albuminóideos animales, permite afirmar que el fenómeno de la digestión albuminosa es hecho corriente, en especial entre los cereales, á cuya cabeza se encuentra el más útil al hombre, el trigo.

Son tan elocuentes por sí solos estos hechos, que huelgan consideraciones afirmativas de la semejanza que en lo fisiológico existe

entre animales y vegetales. Proclamemos aquí una vez más, y esto sí que importa, la unidad del plan biológico, la identidad con que la vida se desenvuelve en el fondo, al través de las múltiples formas que la organización ofrece.

IV. — RESPIRACIÓN

Es una función orgánica de las más generales, y sin embargo la que ha sido causa de mayores controversias, la elegida preferentemente como motivo de diferenciación entre animales y vegetales.

Consiste en el procedimiento que el organismo pone en juego con el fin de que á los tejidos no falte el oxígeno, que es en absoluto indispensable para el cumplimiento de la función nutritiva y para desenvolver la energía acumulada en los elementos histológicos. Y es función tan general y además tan necesaria ésta de la absorción del oxígeno, que sin ella no se concibe la vida de la materia orgánica.

En tiempos pasados no se había podido llegar á la afirmación de este hecho biológico, porque las apariencias, en que los botánicos se inspiraban, contradicen al fenómeno en lo que tiene de fundamental; continuas observaciones enseñaban á las gentes que las plantas en vez de tomar del aire el oxígeno y devolver á la atmósfera el ácido carbónico, consumían éste y exhalaban aquél en grandes cantidades; entendíase por esto que la misión de la planta era enteramente contraria á la del animal, que la respiración no se verificaba del mismo modo en el uno que en el otro reino orgánico.

Con este criterio, inspirado en las apariencias, no se definía la respiración al modo que hoy se define; se hacía la función más general y se consideraban como actos respiratorios los cambios de gases entre el organismo y la atmósfera; el acto que los vegetales realizan de tomar el ácido carbónico y devolver el oxígeno á la atmósfera asimilándose el carbono, se le llamó *respiración clorofiliana*. Tomábase además por función respiratoria el acto mecánico de la ósmosis gaseosa, no el hecho fundamental que en el interior de las células se operaba; nada de extraño tiene el que algún autor sustituyera la palabra respiración por las de absorción del ácido carbónico.

Sucedió una cosa análoga en la fisiología zoológica; se confundió en ésta también, durante mucho tiempo, con el nombre de respiración, el acto de la entrada y salida del aire. Sólo cuando los estudios biológicos penetraron en el mecanismo interior de los órganos, depurándose hasta el detalle la misión de los diferentes tejidos, pudo comprenderse que hay una serie de actos intermedios numerosos é importantes entre los dos aparentes de la entrada del aire en los pulmones y la exhalación por los mismos del ácido carbónico y del vapor de agua.

La función respiratoria tiene el doble carácter de generalidad y de necesidad imperiosa; es más ó menos activa; queda oculta á veces bajo un amplio fenómeno de asimilación, pero la materia orgánica vegetal, como la animal, necesita del oxígeno, y la fuente principal de éste es el fenómeno respiratorio; las plantas respiran desde que nacen hasta que mueren, en la obscuridad lo mismo que en la luz; ésta es una deducción de lo que se observa y experimenta cada día en los laboratorios.

Para demostrar el fenómeno suele hacerse el experimento siguiente: se toma una retorta, dentro de la cual se introducen semillas de haba en germinación, y por medio de un tubo acodado se la une con una probeta llena de mercurio colocada encima de una cubeta que contiene el mismo líquido. Al poco rato se desprenden de la probeta burbujas de gas, y este gas es el ácido carbónico, según se comprueba fácilmente por medio de la potasa cáustica. También se puede demostrar que la proporción de oxígeno ha disminuído dentro de la retorta.

A la necesidad de la respiración, solamente escapan algunos protofitos que reciben el nombre de *anerobios;* entre ellos podemos citar el *Bacillus amylobacter*, que produce la fermentación butírica; éste, en contacto del aire libre, muere; lo mismo le sucede al *Bacillus septicus*, agente de la septicemia. Se les llama también *acrófobos* y prefieren determinados autores esta denominación á la primitiva, admitiendo una existencia anerobia en algunas fases del desenvolvimiento de los hongos más inferiores. Ciertas células, en efecto, si de ordinario necesitan el oxígeno, pueden vivir en determinadas circunstancias sin respirar, siempre que puedan alcanzar la energía necesaria por otro conducto que no sea la respiración.

Las plantas pueden sufrir la asfixia y el alcoholismo, la primera cuando consumen el oxígeno libre del medio en que viven; se alcoholizan cuando el producto de la fermentación sufrida por las reservas alimenticias es el alcohol y éste se acumula ó almacena en los tejidos. La resistencia á la asfixia, lo mismo que al alcoholismo, es sumamente variable.

La fermentación se considera por los autores como un modo particular de resistir á la asfixia, del que disfrutan solamente algunos hongos inferiores, y á veces de una manera transitoria, no como condición ineludible de su existencia.

Toman los vegetales el oxígeno del medio en que viven; los aéreos del aire atmosférico, los acuáticos del aire disuelto en el agua. Hay algunos que le toman de las combinaciones débiles, como sucede con el microbio del carbón *(Bacillus anthracis)*, que cuando se introduce en la sangre absorbe el oxígeno de la oxihemoglobina. Algunas experiencias permiten creer que todas ó casi todas las plantas pueden tomar el oxígeno descomponiendo ciertos cuerpos, como, por ejemplo, el protóxido de nitrógeno.

En las plantas acuáticas, el aire atmosférico atraviesa por ósmosis las paredes de las células epidérmicas y pasa á rellenar los espacios intercelulares que, unidos, constituyen verdaderos canales aéreos por los que el aire circula libremente. En las plantas aéreas los estomas favorecen la respiración y también permiten que penetre el aire á rellenar los espacios intercelulares, y de esta manera el oxígeno llega á ponerse en contacto de la mayor parte de los tejidos.

No son del todo conocidos los fenómenos que se operan en el interior de las plantas á consecuencia de la respiración; se sabe que los tejidos respiran, que este acto es forzoso á las células, y para que la semejanza entre animales y vegetales sea mayor, no hace mucho que un distinguido fisiólogo, Jamerson, ha creído encontrar en los últimos una substancia análoga á la hemoglobina y dotada de la misma misión que ésta de acumular el oxígeno tomado del aire, por medio de una combinación débil que permitiera el desprendimiento de aquel importante cuerpo gaseoso siempre que los órganos le solicitaran. De confirmarse este hecho, resultaría unidad biológica, no sólo en los fundamentos, sino en los detalles de la función respiratoria.

Parece ser que la suspensión del acto importantísimo á que se refiere este artículo, motiva perturbaciones funcionales de diversa índole. Afecta en primer término á la sensibilidad y al movimiento; se han hecho sobre este asunto importantes y numerosas observaciones. Los movimientos, tanto espontáneos como provocados, cesan cuando el oxígeno falta. Dutrochet, Kabsch y algunos otros autores han comprobado este hecho por lo que respecta á la sensibilidad de los órganos reproductores y á los movimientos periódicos; lo mismo sucede con la circulación del protoplasma, con el transporte de los gránulos clorofílicos, con la traslación de los protofitos formados de protoplasma desnudo, etc.

Se observa que una planta verde puede vivir algún tiempo, pero no mucho, si la atmósfera, en vez de oxígeno, contiene ácido carbónico, si actúa además la luz, condición que es indispensable para que la función clorofílica se realice.

La relación entre el volumen de ácido carbónico exhalado y el de oxígeno absorbido $\left(\frac{C\,O^2}{O}\right)$ es una cantidad constante para cada planta tomada en un momento dado, pero variable de una especie á otra, y en cada planta en los diferentes órganos. Esta relación, como en los animales, es casi siempre distinta de la unidad; no varía al variar la temperatura, la presión, la intensidad luminosa, etc., aun cuando varíen los dos términos de ella.

Es próxima á la unidad cuando se forma la semilla en los frutos en crecimiento, según Mr. Godlewsky, y quizá también cuando se acumulan las reservas alimenticias; disminuye poco á poco hasta 0'40 y se eleva, adquiriendo su máximum en el momento de la floración, para disminuir en seguida hasta la muerte de la planta.

Siendo $\frac{C\,O^2}{O}$ próximamente constante, á pesar de los cambios exteriores, la intensidad respiratoria varía extraordinariamente, no sólo con las modificaciones del medio, sino con la edad de la planta y con el grado de desenvolvimiento de los órganos. En los vegetales jóvenes es más intensa la respiración que en los viejos, y en un adulto consumen más oxígeno los órganos nuevos que los antiguos; el máximum corresponde al período de floración, como hemos dicho, y á los órganos masculinos.

La acción de la temperatura sobre el ácido carbónico exhalado y el oxígeno consumido, fué objeto de estudio por parte de Bonnier,

Mangín, Wolkoff y Mayer, Fauconpret, Deherain, Moissant y Rischavi, llegando á deducir que aumenta la producción del ácido carbónico con la temperatura, hasta que ésta llega á hacer imposible la vida del vegetal; es una parábola la curva gráfica de las variaciones que el calor imprime á la absorción del oxígeno.

La luz ejerce su acción sobre el fenómeno respiratorio, hace disminuir la intensidad de éste, siendo en mayor escala el efecto con la influencia del amarillo y del rojo, que son los rayos menos refrangibles del espectro.

Godlewsky ha hecho observaciones respecto á la influencia de la presión; los cambios que ésta opera son proporcionales en el ácido carbónico y el oxígeno.

Todos estos hechos y cuantos más pudiéramos agregar, sólo servirían para hacer ver que el fenómeno respiratorio se halla de tal manera ligado á la vida de la planta que lo aumenta una mayor actividad vital, lo disminuye la pasividad de los órganos. La semilla que germina, llega al máximum de intensidad respiratoria; la semilla privada de condiciones germinativas respira con lentitud tal, que su vida más parece un letargo. Aquella condición que puede juzgarse como la más elevada de la vida orgánica, la sensibilidad, es precisamente la que más sufre cuando el oxígeno falta.

No cabe duda, ante esto, de que la respiración es acto imprescindible en los vegetales como en los animales; que en ambos se opera, en el fondo, de una manera idéntica.

V. – CIRCULACIÓN Y TRANSFORMACIONES EXTERNAS

Circulación. – Sin ella no se conciben los cambios operados en los elementos histológicos todos. Tomando la planta los alimentos del suelo y del aire, dada la extensión del organismo, forzosamente han de caminar por él, como caminan en el interior de los animales; la división del trabajo y el estar los tejidos localizados, son causas que exigen el transporte de las substancias nutritivas.

Se ha dicho que una vez absorbidos por las raíces los materiales del suelo se formaba un líquido, al que se dió el nombre de *savia;* que la savia ascendía hasta las hojas, de un lado obligada por el empuje de las nuevas cantidades de líquido formadas, de otro

lado favorecida por la capilaridad, y obligada en tercer término por la evaporación del agua en las superficies foliares, lo que producía una aspiración del líquido. Reconocíase en esto la existencia de una *savia ascendente*. Cuando transformada ésta por la función clorofílica y otros actos simultáneos, perdiendo algún tanto de su fluidez, descendía, se la denominaba *savia descendente* ó *elaborada*.

No puede decirse que esto sea rigurosamente exacto; parécenos más racional seguir el criterio de Vuillemin, estudiando una conducción intercelular, otra conducción vascular y otra cribosa, advirtiendo que cuadra mejor el nombre de circulación.

Ya en la fisiología de la célula vimos como se opera interiormente un transporte de los materiales por medio de las corrientes que en el protoplasma se manifiestan. Estas corrientes no se limitan sólo en la mayoría de los casos á una célula, sino que hallándose á veces las paredes que separan los elementos histológicos perforadas de agujeros, la comunicación intercelular es muy fácil y gracias á ella podrán recorrer todo un tejido los materiales que el protoplasma fabrique ó tome de los plasmas que pasan al alcance de la dialisis.

Transportes intercelulares pueden realizarse también por medio de los espacios denominados *meatus*, que se corresponden ó no, y que á veces forman una verdadera red de canales; pero sólo un limitado número de substancias suelen emplear tales comunicaciones.

Los laticíferos favorecen en ocasiones la circulación de los materiales nutritivos. Treub ha observado que en las euforbiáceas los canales del látex ayudan la traslación de las substancias feculentas. Sin embargo, el verdadero aparato conductor le forman dos clases de elementos: los vasos y los tubos cribosos.

La circulación no es en los detalles siempre ascendente ó descendente; es reticulada, lo mismo que en los animales; existen corrientes de ascenso y de descenso, pero las hay también laterales; sólo en conjunto, y refiriéndose á determinadas plantas, pueden emplearse los términos de savia ascendente y savia descendente.

Por los vasos circula un líquido claro, fluido, lleno de principios salinos, abundante á veces en substancias azucaradas y albuminóideas, lo que le da cierto sabor dulce, que es más notado en la savia

de primavera de algunos árboles; gana la altura de los mayores tallos con un empuje que hace al líquido desbordar cuando se da un tajo á las ramas jóvenes; por este empuje se originan lo que se llama *llanto de las vides* y las exudaciones de savia que en algunas epidermis se han observado.

Por los tubos cribosos no circula un líquido fluido, sino una substancia casi pastosa, un verdadero plasma; el movimiento es completamente mecánico; el tubo conductor ejerce una acción pasiva; sólo se regula la marcha por el consumo, y si bien en general es descendente, asciende en muchos puntos, sobre todo hacia las extremidades del vegetal. De la savia que por los tubos cribosos circula, las células toman los productos que les hacen falta.

Función clorofílica.—Con el influjo de las radiaciones luminosas, las partes verdes de los vegetales absorben el ácido carbónico de la atmósfera y desprenden posteriormente gas oxígeno; entre estos actos aparentes hay un proceso químico que tiene dos términos fundamentales:

1.º La reducción del ácido carbónico.

2.º La síntesis de los compuestos orgánicos.

El conjunto de este proceso es lo que acostumbra á llamarse función clorofílica.

De la manera como la clorofila actúa, del papel que desempeña en esta vital función, han tratado muchos químicos y biólogos, manifestándose opiniones distintas.

La generalidad de los autores convienen en que es en los corpúsculos clorofílicos donde se opera la reducción del ácido carbónico.

Timirianeff compara, á nuestro modo de ver con muy buen juicio, la acción de la clorofila á la de los sensibilizadores fotográficos; en ambos casos el excitador son las radiaciones luminosas y el resultado la descomposición de un cuerpo. La semejanza aparece mayor con ciertos experimentos de Becquerel, empleando como sensibilizador la clorofila con el colodión. El *pigmentum* verde desaparece también y se regenera incesantemente, como ocurre á ciertas substancias orgánicas muy sensibles á la luz, por ejemplo al pigmentum de la retina, que parece enlazar con su especial fun-

ción química á los sensibilizadores fotográficos con la clorofila de las plantas.

Pringsheim no atribuye á la clorofila la misma misión; Ray Lankester conviene con aquel autor en el mismo punto. Ambos creen que el verdadero agente de la reducción y de la síntesis es el protoplasma y que el pigmentum verde tiene tan sólo la misión de absorber las radiaciones luminosas y disminuir la intensidad de los fenómenos respiratorios que pudieran entorpecer aquella labor química del protoplasma. Ray Lankester, en apoyo de esta opinión, cita el hecho de que, á pesar de no tener clorofila, el protoplasma de los esquizomicetos es capaz de descomponer el acetato de amonio y combinar el carbono, el nitrógeno, el hidrógeno y el oxígeno formando un compuesto albuminóideo.

De predominar la manera de ver de los dos autores mencionados, varía algún tanto la explicación del fenómeno reductor y sintético que entraña la llamada función clorofílica; en vez de ser el pigmentum verde un agente activo, es un agente pasivo, que aun cuando por la acción de la luz se descompone, esta descomposición es independiente de la presencia del ácido carbónico y sólo depende del fenómeno respiratorio. La destrucción de la clorofila se operaría de un modo semejante á como se opera la destrucción del pigmentum retiniano en los animales superiores.

Es necesario no olvidar, por otra parte, lo que el pigmentum clorofílico es; no se trata de un compuesto independiente del protoplasma sino que es derivado de éste; los leucitos activos (págs. 60 y 61), que á veces son incoloros, pueden motivar la formación de hidratos de carbono aun antes de ser cloroleucitos, y este hecho viene en apoyo de la opinión de Pringsheim, concediendo la energía inicial al protoplasma y pareciendo señalar que el pigmentum es solamente un auxiliar de la función.

De ser así, es indudable que el fenómeno de la nutrición de los vegetales verdes se simplifica extraordinariamente; se unifica más la fisiología de las plantas, que parecían divididas en dos grandes secciones con funcionalismo distinto según tuvieran ó no clorofila; queda en pie el soberano influjo del protoplasma, y el pigmentum recobra el papel de un auxiliar en vez de ser el fundamento de la asimilación del carbono. Gana también con esta opinión la unidad

del plan biológico, pues la diferencia entre el funcionalismo del protoplasma vegetal y el animal es muy relativa.

Al reducirse el ácido carbónico, se inicia una serie de cambios químicos que dan por resultado la síntesis orgánica; créese por la casi totalidad de los botánicos modernos que se forman primero carburos de hidrógeno según la fórmula siguiente:

$$6\ CO^3H^2 = C^6\ H^{12}\ O^6 + 6O^2$$

interviniendo los elementos del agua y desprendiéndose en gran cantidad el oxígeno.

Sachs cree que la síntesis química produce tan sólo hidratos de carbono, especialmente almidón; que este almidón se hace soluble inmediatamente transformándose, y atraviesa las paredes de la célula, caminando así hasta acumularse en los órganos en que generalmente se le encuentra almacenado. Observa aquel ilustre fisiólogo que durante el período de vegetación más activa, el parenquima en las nerviaciones y en el pecíolo de las hojas, en el tallo y hasta en las yemas contiene constantemente almidón y deduce de esto que en aquel parenquima la substancia amilácea está de paso.

Hay ocasiones en que los corpúsculos clorofílicos contienen grasa en vez de almidón; en este caso, Sachs piensa que se formó primero la fécula, pero luego ésta se transformó en grasa.

No puede decirse que el fenómeno de la síntesis orgánica sea conocido; por esto autores distintos han emitido diferentes pareceres. Hay quien cree que en la función clorofílica no se produce directamente el almidón, sino otro hidrato de carbono, la glucosa.

Gautier admite dos estados del pigmentum clorofílico, que se diferencian en la proporción que contienen de hidrógeno, la que llama *clorofila blanca* y la *clorofila verde;* la primera más rica en hidrógeno y, por lo tanto, dotada de un gran poder reductor; cuando sobre ella obra el ácido carbónico, se torna verde; fórmanse como cuerpos intermediarios el ácido fórmico y el aldehido metílico. El ilustre químico francés afirma que todos los cuerpos orgánicos ternarios, por el simple mecanismo de la desoxidación por la clorofila, que se activa según la influencia de los rayos luminosos, pue-

den formarse de las diversas asociaciones de agua y ácido carbónico que el protoplasma deja penetrar.

Lanessán se inclina á admitir, y en esto difiere de las doctrinas de Sachs y de Gautier, que la síntesis química operada en las hojas tiene por resultado final la producción de substancias albuminóideas solubles.

Pringsheim, que, como antes hemos dicho, sólo acepta para la clorofila una misión pasiva, opina que el producto primero formado en los corpúsculos clorofílicos es la hipoclorina, única que existe en las plantas que germinan.

Nos parece muy fundada la opinión de Lanessán; es la misma que manifiesta aceptar el distinguido botánico español Sr. Lázaro é Ibiza en su pequeño *Manual de Botánica* cuando dice: «La formación de los hidratos de carbono no es la única síntesis química que se produce en las hojas de la planta, sino que existen otras que dan por resultado la formación de compuestos más complicados. Así, entre el nitrógeno que bajo la forma de sales amoniacales y de nitratos lleva la savia ascendente y los hidratos de carbono, se producen unos compuestos cuaternarios (constituídos por los cuatro elementos carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) del grupo que los químicos llaman *amidas* (asparagina, leucina, tirosina, etc.), las que á su vez próducen por síntesis con el azufre, ó con el fósforo, que han penetrado bajo las formas de sulfatos y fosfatos respectivamente, otros compuestos de cinco elementos los más complicados que conoce la química, que son los llamados cuerpos protéicos, cuya mezcla constituye el protoplasma, base de toda organización animal ó vegetal.»

Claro es que no puede detenerse la síntesis en los hidratos de carbono, puesto que las substancias cuaternarias son bastante frecuentes en el organismo vegetal y se encuentran también todo género de compuestos intermediarios; es, no obstante, muy difícil precisar los términos concretos en que la síntesis se verifica.

Dadas las pruebas que todas las funciones nos proporcionan de que preside un común procedimiento á la fisiología vegetal y á la de los animales, podemos buscar en ésta la comprobación, ó por lo menos indicaciones, de lo que observamos en aquélla, cuando los puntos no se hallan bien precisados.

En la fisiología animal los productos ternarios se forman por desasimilación de las materias albuminóideas; así nace la substancia glicógena, así aparecen grasas y azúcares; ¿no puede el hecho repetirse en los vegetales? ¿Serán el almidón y los cuerpos ternarios hidrocarbonados, productos de desasimilación, como Lanessán sostiene?

Entre la doctrina corriente, sostenida por Sachs, la de Gautier que difiere bastante y la que Lanessán ha formulado, me inclino hacia esta última. Hay que convenir en que las tres son hipotéticas, en que la química biológica ha de ser quien incline, con sus crecientes progresos, el fiel de la balanza en pro de unos ó de otros juicios; por mi parte siempre acepto con preferencia las explicaciones que en vez de ahondar el dualismo biológico de antiguo aceptado, lo borran unificando; con este criterio creo aproximarme más á la verdad.

Además, para considerar á los hidratos de carbono como productos de desasimilación, basta asignar á la clorofila un papel pasivo, el que todos los pigmentos orgánicos tienen, no admitiendo que obre como elemento substancial, sino como auxiliar del protoplasma.

Parece que en este asunto de la síntesis no debiéramos inspirarnos en lo que sucede respecto á los animales, porque ha sido materia corriente creer que la síntesis era exclusiva del mundo vegetal. No participa la fisiología moderna de esta opinión; por el contrario, concédese á la síntesis en el organismo animal una misión de grande importancia. Citaremos en tal asunto la competente opinión de Beaunis.

Dice este autor: «Tienen (las síntesis) probablemente un valor fisiológico muy elevado si, como todo inclina á creer, intervienen en la transformación del azúcar de uva en substancia glicógena, en la formación de la lecitina, en la producción de la grasa, en la de la hemoglobina y de la generalidad de las substancias albuminóideas, por consecuencia en la formación de las substancias orgánicas más complejas.»

De un modo artificial se ha llegado á sintetizar ciertos cuerpos albuminóideos. Grimaux, calentando dos horas á 130° el anhídrido del ácido aspártico con la mitad de su peso de úrea, obtuvo una

substancia con todos los caracteres generales de las protéicas.

En los organismos inferiores, que son el punto de partida de animales y de vegetales, los productos de aquella índole se forman de un modo sencillísimo. Pasteur, Nægeli y Raulin han probado que determinados esquizomicetos y otros vegetales desprovistos de clorofila, se nutren á favor de principios sumamente sencillos y logran con ellos la constitución de los albuminoides. Autores hay que llegan á la fórmula de la albúmina de un modo sintético, partiendo de la asparagina, que es un cuerpo bastante abundante en los vegetales.

Puede la Ciencia no haber dicho su última palabra, pero los datos conocidos permiten sostener con igual derecho con que la opinión opuesta se sostiene, que, lo mismo en vegetales que en animales, se opera por síntesis la formación de substancias albuminóideas cuando los alimentos no las proporcionan, y del desdoblamiento de aquéllas resultan cuerpos ternarios que pueden considerarse como productos desasimilados. En los animales domina la alimentación carnívora, por tanto es la síntesis menos activa; en las plantas, por el contrario, domina la alimentación mineral y la síntesis es fenómeno ordinario; pero ya hemos visto que en éstas hay digestión de albuminoides, y entre aquéllos la síntesis no deja de ser frecuente. El tiempo y el progreso de la Biología, que no cesa, se cuidarán de aclarar estos hechos importantísimos de la vida.

VI. — EXCRECIONES

La absorción y los fenómenos internos que motiva, tienen por fin la *asimilación*. Pero, así como el vegetal absorbe substancias y movimientos vibratorios, durante su vida pone en libertad unas y otros, constituyendo la función general, opuesta á la primera, que recibe el nombre de *desasimilación*.

No pueden precisarse mucho los hechos que corresponden á la excreción, puesto que no se hallan bien definidas ciertas substancias, que por unos se consideran como productos desasimilados y por otros no. En los vegetales precisamente, en que no aparece del todo clara la misión de algunos principios ternarios, es todavía más confuso el problema.

Pérdidas de substancia experimentan las plantas de continuo; cuando determinados órganos, en vez de útiles, resultan perjudiciales, se desprenden; cada año pierden sus hojas muchos árboles; otros arrojan la corteza resquebrajada; algunos hasta eliminan anualmente ramas enteras, sufriendo una especie de poda natural, y así sucesivamente citaríamos numerosos casos de verdaderas excreciones de órganos.

En las células, en lo íntimo de los tejidos, la desasimilación es forzosa; no pueden quedar retenidas las substancias que en el trabajo del protoplasma se originan y no tienen inmediata aplicación. Esta función es general, pero puede también localizarse en un tejido especial, en un órgano que recibe el nombre de glándula y de excreción el acto que realiza; respecto al tejido secretor, recuérdese lo dicho en las páginas 120 á 125.

La palabra excreción tiene una amplitud muy distinta según los autores. En su *Biología*, Vuillemin trata, en el capítulo de las excreciones, á la vez que de la desasimilación de substancias, de lo que llama excreción de los movimientos vibratorios y de los movimientos provocados y espontáneos que en otro lugar hemos incluído. En cambio, hay otros autores que apenas se ocupan de la excreción.

Entre las excreciones, como en la absorción, admitiremos que el hecho puede referirse á las substancias y á los movimientos.

Excreción de substancias. — La excreción de substancias puede ser de gases y de líquidos; movimientos vibratorios apreciables al termómetro, ó sensibles por el órgano de la visión, también eliminan las plantas, é indicaremos alguna cosa respecto á la producción de calor por éstas y al fenómeno de la fosforescencia.

La excreción de gases es un fenómeno muy general que se opera por simple ósmosis al través de las membranas en la superficie de la planta, y en el interior favorecida por la existencia de espacios intercelulares. El principal gas exhalado es el ácido carbónico, producto de la respiración; síguele el oxígeno, que en tan gran cantidad se desprende durante el día.

El agua escapa por la superficie de las plantas en forma de vapor y en respetable cantidad, según comprobó Van Tieghem,

relacionando el fenómeno con la llamada función clorofílica: el mencionado autor distingue el caso éste de exhalación de vapor de agua con el nombre de *clorovaporización*.

De los líquidos, es el agua el más abundantemente exhalado; su excreción depende de un fenómeno puramente físico; con ella á veces se excretan substancias disueltas. Tal sucede en ciertas saxífragas y en determinados helechos, en los que el agua exhalada deposita carbonato de cal en pequeñas escamas. Hay estomas acuíferos en que se acumula el líquido durante la noche, cuando la transpiración es muy poco activa y hay un exceso de agua en los tejidos. Puede la reunión de esta clase de estomas formar un verdadero aparato exhalante, en que abundan pequeñas células con numerosos orificios exteriores y frecuentes espacios intercelulares; el aparato recibe el nombre de *epitema* y le ha observado Volkens en ciento cincuenta especies pertenecientes á treinta y seis familias.

En cuanto á la excreción, pudiéramos aquí hacer idénticas consideraciones á las que se hacen en la Biología animal, respecto á la distinción entre secreciones y excreciones.

En el *Tratado elemental de Zoología* que otras veces hemos citado, al definir las glándulas decíamos lo siguiente: «Las glándulas por su misión deben dividirse en dos clases, secretoras y excretoras; las primeras toman productos de desasimilación y los transforman en otros útiles al organismo; las segundas expulsan fuera del animal elementos diversos en ellas acumulados. Las glándulas excretoras desempeñan el simple papel de un filtro, dejan pasar ciertos productos y otros no; los acumulan y los expulsan; la función no puede ser más simple. La secreción es más complicada, es de rango orgánico superior, supone un trabajo de transformación.»

Casi idénticas consideraciones hace respecto de las plantas Haberlandt, quien expresa su opinión diciendo, al ocuparse del epitema, que no es en realidad un aparato secretor, lo que sigue: «Un aparato secretor se muestra activo y la secreción es un acto fisiológicamente complejo. El tejido del epitema no desempeña en realidad ninguna misión activa; la expulsión del líquido es una simple filtración.»

Hay por tanto en los vegetales secreciones y excreciones; glándulas que elaboran con los productos de la desasimilación substan-

cias ulteriormente utilizadas, y otras glándulas que desempeñan el papel de filtros, que son pasivas, que no modifican las substancias en ellas acumuladas.

Excreción de movimientos vibratorios.—Con harta frecuencia escapa la energía producida por las plantas bajo la forma de calor. Es esto consecuencia del movimiento vital que en circunstancias determinadas se activa; sobre todo la oxidación de los tejidos, ó mejor, de los materiales ternarios que encierran, es capaz de elevar la temperatura de la planta en una cantidad apreciable. Como tales oxidaciones son muy frecuentes en la época de fecundación de las plantas y cuando germinan las semillas, el fenómeno de la producción de calor se ha observado especialmente en las inflorescencias y durante la germinación.

Lamarck, á fin del siglo pasado, ya observó que en las espatas del *Arum italicum* se elevaba considerablemente la temperatura en el momento de la floración. En la espádice de *Colocassia odorata* llega á elevarse 6° á 11° sobre el ambiente. Las observaciones han sido numerosas respecto á este punto, sobre el cual no creemos necesario insistir.

Indicaremos ahora algo acerca de las plantas fosforescentes. Se ha observado la fosforescencia en los vegetales inferiores, en las plantas de organización elevada, en algunos órganos de éstas y en las substancias vegetales antes de iniciarse la putrefacción.

Hace tiempo que al averiguar la causa de la fosforescencia que presentaban las carnes en determinadas circunstancias, se encontró la bacteria productora de tal fenómeno, que desaparecía cuando la carne comenzaba á podrirse. En los protistas es frecuente el hecho, lo mismo entre los que se incluyen en la Botánica como entre los incluídos en la Zoología. Las noctilucas, á las cuales se debe la notable fosforescencia nocturna que en algunos mares se observa, han sido por algunos autores consideradas como vegetales. La luz continua, blanquecina, tenue, que emiten, se parece mucho á la de las bacterias antes citadas y á la que tienen ciertos hongos.

La fosforescencia es notable en los *Agaricus (olearius, igneus, noctilucens, Gardneri)* y en los *Rhizomorpha*. En los países cálidos es más frecuente que en los fríos.

Fosforescen las maderas y las hojas lo mismo en el campo que en los bosques; muchas veces es debido el fenómeno luminoso á la presencia de microbios. Se observa también en muchas flores; en las partes vegetales de mayor vitalidad, lo que quiere decir que la fosforescencia es una de las manifestaciones sensibles de la vida.

Se cree por algunos autores que esta emisión de luz, tenue sí pero capaz de impresionar nuestro órgano visual, es debida á la respiración y citan experiencias en apoyo de su manera de apreciar el hecho. No puede considerarse aclarado el problema; sabemos que la fosforescencia va acompañada de un ligero aumento en la temperatura; que no se halla localizada en órganos especiales; que en las flores se halla relacionada con la fecundación por los insectos; que la activa el frotamiento y cualquier excitación capaz de penetrar en los tejidos profundos; que ciertas flores fosforescen durante las tempestades; que en las noctilucas es lo mismo en presencia del oxígeno que del ácido carbónico. Acerca de la causa que le produce sólo podemos decir que está relacionada con la actividad orgánica, sin que se relacione de un modo directo con una función determinada.

VII. – FUNCIONES DE REPRODUCCIÓN

En la Morfología, al describir los diferentes tipos vegetales, hemos visto que en general tienen dos procedimientos de reproducción: el más sencillo, que recibe el nombre de *asexual*, y el más complicado, el que se llama *sexual*. El primero solamente requiere la existencia de una célula; el segundo no puede llevarse á cabo sin el concurso de dos elementos histológicos. Ambos cumplen un fin, el de continuar la vida, que perecería con el individuo sin la existencia de la función reproductora; con razón algunos biólogos llaman á este género de actos fisiológicos, *funciones de la vida específica*.

Cualquiera que sea la forma bajo la cual los vegetales se reproduzcan y la complicación que los órganos reproductores tengan, el fundamento es siempre la reproducción asexual de las células; cuando no existe aparato, una célula persistente es la que engendra otra que ha de continuar la especie; cuando hay órganos complicados,

es un tejido que reune condiciones excepcionales, el especialmente reproductor, y en la división de sus células se funda la producción del germen que en sí reuna las condiciones precisas para el desenvolvimiento de una nueva planta.

La misión individual parece en los organismos terminarse con la producción de gérmenes masculinos y gérmenes femeninos; formados éstos y puestos en condiciones de fecundarse, las transformaciones que en adelante sufran ya pertenecen á la vida de una nueva planta, y en el capítulo de la Ontogenia nos ocuparemos de cuanto se refiere al desenvolvimiento, que tiene por punto de partida el fenómeno de la fecundación.

Reproducción asexual. — Sus procedimientos ya los hemos dado á conocer al tratar de la vida de las células (págs. 104 á 111); en aquel capítulo expusimos lo que se llamaba la renovación del protoplasma, la gemación, la segmentación y la conjugación. Estos procedimientos todos pueden considerarse como propios de los protofitos. El último de aquéllos (la conjugación) requiere ya la presencia de dos células; puede decirse que es el enlace entre las dos clases de generaciones.

La generación asexual es un fenómeno tan común y tan sencillo, que siendo el exclusivo de los primeros vegetales persiste en todas, absolutamente todas las organizaciones. Ocurre en esto lo que pasa en otro linaje de funciones orgánicas, como, por ejemplo, en la exhalación, único medio de desasimilar ciertos elementos que tienen las plantas superiores y que en la superficie de las plantas inferiores se verifica de continuo; como la respiración cutánea en los animales, que aun existiendo medios adecuados para la función respiratoria, aquel medio tan sencillo no se pierde nunca. Por esta causa las manifestaciones más elementales de la vida tienen doble importancia, primero por su carácter elemental y sencillo y además por la generalidad que alcanzan.

En la facilidad con que los tejidos jóvenes, los meristemos, crecen mediante la reproducción asexual de sus células, está fundado un procedimiento que se pone en práctica para multiplicar las plantas cultivadas, *la estaca*. En el mismo hecho están fundados el injerto, el esqueje y otros medios artificiales de multiplicación. No

podrían éstos realizarse sin la facilidad con que se multiplican las células jóvenes cuando se las rodea de condiciones á propósito.

Reproducción sexual. — Precisa para que se realice el concurso de dos elementos: uno activo, que se denomina *elemento masculino*, y otro pasivo, que recibe el nombre de *elemento femenino*. Se inicia, como hemos dicho, en la conjugación y tiene su más alto representante en los órganos de las fanerógamas.

En la generación asexual, una célula cualquiera se halla en condiciones de reproducción. La sexual requiere en la célula reproductora un conjunto de circunstancias que se logran mediante órganos especiales. Parece concentrarse lo mismo en el germen masculino que en el femenino una energía potencial, á cuya elaboración contribuye el organismo todo; gracias á ella, el germen lleva en sí fuerza bastante para desenvolver un largo proceso que comienza en una célula y termina en un vegetal adulto de complicada estructura. Y tan delicada juzga la Naturaleza la función específica, que hay plantas, como las criptógamas vasculares, en que se produce un rudimentario organismo sexuado que sólo tiene la misión de formar los gérmenes sexuales, habiendo antes concentrado una vida activa en un organismo de bastante complicación, con el solo fin de producir los gérmenes asexuales de donde la planta sexual procede. Recuérdese lo que hemos estudiado en el *Aspidium filix mas* (págs. 154 á 158). Allí hemos hecho resaltar la modestia con que se ofrece á nuestros ojos la plantita sexuada, el protalo, que parece escapar de la contemplación profana cuando en sí tiene la misión más elevada del organismo.

Son muchas las formas bajo las cuales se verifica la reproducción sexual; los órganos reproductores varían extraordinariamente. Desde la sencillez que tienen en los hongos y las algas, en que por primera vez se manifiestan, hasta la esplendidez de las flores fanerógamas con grandes pétalos de brillantes colores, glándulas numerosas que esparcen delicados aromas, nectarios de jugos melosos que hacen las delicias de las laboriosas abejas, estambres que parecen hilos de oro, y pistilos que regulan á manera de guías la simetría de tan hermoso conjunto; desde aquella humildad á esta belleza hay una serie de términos y de grados que hacen variadísi-

mo el estudio de los órganos reproductores, cuya morfología tendrá cabida en la Botánica especial.

Solamente diremos, por tratarse de cuestión general, que todas estas maravillas tienen por fin el asegurar la reproducción.

Pueden producirse los gérmenes sexuales en una planta ó en dos distintas; de aquí la división de los vegetales en *monóicos* y *dióicos;* puede una flor reunir en sí órganos masculinos y femeninos, en cuyo caso se dice *hermafrodita;* la monoecia, la dioecia, y el hermafroditismo tienen representación en las fanerógamas y en las criptógamas.

Pueden reducirse á términos generales ciertos hechos de la generación sexual, como por ejemplo la manera de formarse los elementos masculinos y femeninos, su estructura y su misión. Ya sabemos que en la generalidad de las criptógamas se producen anterozoides y oosferas, equivalentes á los granos de polen y á los óvulos de las fanerógamas; que el punto de unión ó de enlace de una forma y otra se encuentra en las criptógamas vasculares, sobre todo en las licopodiáceas, y en las fanerógamas gimnospermas (coníferas y cicadeas).

Los gérmenes masculinos suelen ser móviles, activos. Los hemos estudiado como células libres; á veces se rodean de cirros vibrátiles ó los tienen en número mayor ó menor. Los granos de polen asemejan por su estructura más á las esporas que á los anterozoides; en efecto, se rodean de dos membranas como aquéllas; tienen accidentada su superficie y emiten prolongaciones como las esporas que germinan *(Fucus, Funaria);* sin embargo el contenido del grano de polen, la fovila, es activa, camina hacia el óvulo y le rodea, si bien carece de aquella movilidad extraordinaria que tienen los anterozoides, porque tampoco la necesita, disponiendo como dispone de medios auxiliares que no se encuentran en las criptógamas. Además, la fecundación de éstas tiene lugar en el agua ó en medios muy húmedos.

Generación alternante. — Se suele usar esta denominación con carácter de circunstancial para un corto número de casos en que alternan periódicamente la generación sexual y la generación asexual en una misma planta. Otro concepto expuse en mi Zoolo-

gía que creo más ajustado á la realidad, y que generaliza extraordinariamente el fenómeno de la alternancia de las generaciones; se funda en la doctrina orgánica celular que cimenta hoy la Biología. Con ligeras modificaciones, podemos aquí repetir lo que en el *Tratado de Zoología* anotaba acerca del particular, y que transcribo:

«En bastantes páginas, describen los autores casos numerosos en que alterna la generación sexual con la asexual; son muy curiosos los observados en los animales que forman colonias (*medusas*, *salpas*, etc.); en éstos, previa la unión sexual que recibe el nombre de fecundación, se desprende un germen que luego, por división ó gemación, por procedimientos rudimentarios, reconstruye á la colonia.

»La generación alternante de las colonias animales es un fenómeno general que tiene explicación sencilla; es una consecuencia necesaria de la organización, tal como la describimos en la teoría celular.

»Un animal, por elevado que sea, es simplemente una colonia de células organizadas en mayor ó menor escala. Aun cuando los elementos histológicos desempeñen una función colectiva, no han perdido su autonomía por completo y tienen una vida propia; las células se nutren y se reproducen; esta reproducción es asexual. En toda organización, en toda colonia, el aumento de individuos se verifica por una reproducción asexual. Como la vida de todas las colonias no es simultánea, unas nacen y otras mueren sin destruir el equilibrio social, sin que la colonia se modifique apenas.

»Cuando no se trata de renovar los individuos, cuando no se quieren nuevos colonos, sino que se quiere reproducir la colonia entera, entonces la reproducción es sexual; hay órganos especiales encargados de que la sociedad no perezca, y estos órganos producen gérmenes que llevan en sí acumuladas energías bastantes para que, previa la fecundación, produzcan, de una manera asexual, colonos suficientes y convenientemente organizados, reproduciendo la colonia de que el germen procede.

»Más claro; en toda colonia celular organizada hay dos clases de vida: la individual de las células y la vida social á que cada una contribuye en parte. El aumento y renovación de individuos se

verifica por reproducción asexual, cada célula se cuida de producir otras sin concurso de nadie; para formarse nueva colonia es precisa la generación sexual, y el germen que nace, aun cuando en principio es una célula, se desdobla cada vez más, y asexualmente produce una colonia organizada.

»En todo animal pluricelular alternan, por tanto, las dos clases de generación; la generación alternante no es un caso excepcional, es el más común.

»Este concepto, que es exacto, aclara muchísimo el estudio de las formas de la generación y establece entre ellas una jerarquía racional.»

En poco hay que modificar este concepto para aplicarlo á la Botánica. Precisamente, si con alguien puede compararse un vegetal superior, hallando términos exactos, es con una colonia de pólipos; el polípero tiene puntos de semejanza con el aparato conductor fibro-vascular de las plantas leñosas, tanto más cuanto que hay políperos formados de substancia orgánica. En los vegetales tampoco se destruye la individualidad de las células; hay, por lo tanto, vida colonial; hay alternancia de generaciones ó mejor *simultaneidad de generaciones*, sino que la asexual es continua y la sexual periódica.

Aparte esta alternancia, hay en los vegetales criptogámicos otra entre las dos clases de generación, por lo que respecta á la totalidad del vegetal; á ella se refiere el dimorfismo, que hemos observado en los musgos y en los helechos. Puede decirse en general que en las muscíneas y en las criptógamas vasculares la vida se desarrolla en dos períodos: el primero, que termina con la producción de esporas asexualmente; el segundo, que comienza con la germinación de aquellas esporas y termina, después de producirse órganos sexuales, con la fecundación. En los musgos, el protonema es una fase del musgo propiamente dicho; en los helechos, el protalo es la forma sexuada que propaga á la planta ordinariamente conocida.

¿Puede decirse que en estos casos haya alternancia de generaciones? Examinando el desenvolvimiento de las gimnospermas, y comparándole con el de las criptógamas superiores, se ve que en realidad debe contestarse negativamente á tal pregunta; el protalo,

que en ciertas criptógamas vasculares se desenvuelve con libertad, forma en otras parte del elemento reproductor y se reduce sucesivamente, de modo que es continuo el desenvolvimiento de la planta desde la espora hasta la producción del aparato vegetativo, sino que algunas veces existe una especie de estado larvario que precede á la planta adulta.

CAPÍTULO SÉPTIMO

VIDA SOCIAL DE LAS PLANTAS

I. — CONSIDERACIONES PREVIAS

Asociación y organización. — Forman las plantas, como los seres orgánicos todos, sociedades más ó menos extensas; viven la vida colectiva, puesto que se relacionan con otros seres y su existencia se halla íntimamente ligada á otras existencias; así la vida se encadena, resultando el conjunto de los seres una inmensa asociación universal subdividida en sociedades parciales. ¿Quién puede concebir á un ser en aislamiento absoluto? La vida de relación es precisamente la condición fundamental de la vida orgánica.

Pero no nos referimos ahora á esta especie de enlace universal de las existencias, sino á las relaciones concretas en que todo vegetal vive, asociando su concurso al de otras plantas ó al de determinados animales.

Esta vida de relación es causa de asociaciones entre especies distintas ó entre individuos de una misma especie, y las sociedades resultantes difieren mucho, por sus condiciones peculiares y por los caracteres generales que ofrecen, de aquellas otras cuyos principios fundamentales expusimos al comenzar el libro describiendo la teoría celular.

En las asociaciones naturales hay diferentes grados; comienzan por la relación directa entre el individuo y el medio, que engendra un consorcio de la materia mineral con la materia orgánica, al cual podemos considerar como asociación de primer grado. Y las asociaciones vegetales, en cuanto se limitan á evitar con el número de asociados y con la defensa pasiva mutua, la destrucción específica, forman una sociedad de segundo grado, algo más complicada que la de primero, pero sin las condiciones sociales de la reunión de individuos en grado superior.

Todas estas consideraciones deben hacerse para no confundir, bajo la palabra asociación, cosas que, teniendo en realidad un fun-

damento común, se desenvuelven de manera diferente. Conviene en especial señalar la diferencia grande que hay entre asociaciones y organizaciones: estas últimas no se encuentran en el mundo vegetal sino en lo que se refiere á la constitución íntima de las plantas; se asocian y organizan las células para formar el organismo de los vegetales; pero no se asocian éstos entre sí organizándose bajo las bases de división del trabajo y diferenciación orgánica. Es la organización propia de las sociedades animales, quienes parecen copiar la obra de la Naturaleza en el desenvolvimiento de los organismos; en las plantas, repetimos, hay asociaciones, puesto que los individuos aparecen reunidos cumpliendo un fin común; pero los medios empleados para lograr este fin son pasivos, indirectos en la generalidad de los casos, y no se observa cuando las plantas se reunen que entre ellas se divida el trabajo social, sino es en algunos protofitos en que se inician tendencias referentes á la vida celular, que caen dentro de la teoría bajo la cual hemos descrito la organización histológica.

Quedamos, pues, en que hay una diferencia fundamental entre asociación y organización, siendo ésta el grado superior de aquélla, y que la vida social de las plantas tiene á lo sumo rudimentos de organización. Claro es que la organización da caracteres de superioridad al individuo y fuerza más considerable al conjunto, cumpliéndose en todos los casos el axioma de que *la organización da la fuerza*, que debe sustituir al ya clásico, pero erróneo en los detalles, de que *la unión hace la fuerza.*

La lucha por la vida y la asociación para la lucha. — ¿Cuál es la causa que obliga á los vegetales á vivir asociados prestándose concurso mutuo? Fácil es contestar á esta pregunta; los vegetales, como los seres orgánicos todos, se asocian para defenderse en la lucha por la vida, que tan variados caracteres presenta.

Por lo mismo que vive la planta en relación con el medio atmosférico, con el suelo y con el mundo orgánico, está sujeta á los accidentes del primero, á las variaciones del segundo y á la destrucción ó á la competencia del tercero. Hay muchos modos de luchar por la vida y muchas causas que pueden comprometer ésta; influyen los elementos de un modo directo ó indirecto.

Causa de competencia es, en primer término, la alimentación; supongamos que dos plantas vivan á costa ó mediante el influjo de la cal que el suelo contiene; cuanto la una consuma, será en perjuicio de la otra, si aquel mineral se halla en cantidad muy limitada; la lucha por el alimento, á pesar de ser sorda, es, sin embargo, terrible; si hay sólo una ración y existen dos plantas, una de ellas tiene que perecer ó vivir las dos raquíticas, lo que pocas veces se observa. Respecto á este punto son numerosos los hechos que tengo observados en los puntos de transición brusca entre un suelo yesoso y otro que tenga abundante tierra vegetable. Sabido es que no hay flora más característica que la de los cerros de yeso; en éstos viven exuberantes en nuestro país el *Helianthemum squamatum*, el *Ononix tridentata*, etc., y en las colinas inmediatas son muy frecuentes ciertas labiadas como el tomillo, la salvia, el romero, etc.; en puntos intermedios se ve bien claro como disputan el terreno aquéllos vegetales á éstos; las condiciones del suelo, favorables á unos, desfavorables á otros, imponen una lucha cuyo fin principal es la alimentación.

Cultívense en un recipiente cerrado ciertas plantas, y en la atmósfera que les rodea coloquemos solamente una pequeña cantidad de ácido carbónico, renovándole lo suficiente para que no permita la vida sino de una sola, y veremos al fin el resultado de la lucha forzosa de las dos plantas con el medio y la una con la otra; como el crecimiento sea distinto, el empuje vital diferente, una de ellas perecerá. He aquí uno de los términos de la lucha por la vida.

Combate, y terrible, aun cuando no sean apreciables exteriormente los detalles en cada momento, es el de las plantas con los animales herbívoros; destruyen éstos un sinnúmero de aquéllas; imagínese la destrucción operada por uno de esos ejércitos de caballos que habitan en las llanuras americanas, en las plantas de la misma llanura.

No sólo destruyen vegetales los animales herbívoros, sino que también contribuyen á esta destrucción los parásitos; basta citar la filoxera, contra la que luchan las vides naturales desenvolviendo una actividad orgánica extraordinaria, y apenas pueden luchar las vides cultivadas si el hombre no les ayuda eficazmente.

Entre las mismas plantas, por la alimentación, por el dominio

del terreno que mejor orientación ofrezca, la lucha es incesante; más enérgica y activa es aún entre los parásitos y las víctimas del parasitismo.

Agreguemos á esto las contingencias del medio, los arrastres de las aguas, el empuje de los vientos, un período de sequía, las heladas, todo aquello contra que la planta ha de vivir prevenida ó se expone á perecer.

Como se ve, la lucha por la vida es incesante y es activa; para sostenerla, los vegetales necesitan medios, algunos de los cuales hemos indicado al ocuparnos de las funciones de relación; el medio principal es sin disputa la asociación, lo prueban multitud de ejemplos. Plantad un árbol en una llanura y le veréis pronto perecer; plantad primero vegetales leñosos que cubran el suelo, matas ó arbustos; á su abrigo haced que vayan desenvolviéndose plantitas de especies arbóreas, y veréis como, con el tiempo, donde no pudo haber un árbol habrá un bosque.

Con la alimentación sucede una cosa original: en suelo que no tiene condiciones para la alimentación de una planta, pueden vivir muchas de ellas; sin duda comienzan por crearse artificialmente un suelo vegetable; yo he visto rodales de pinos sobre cerros de yeso que son capaces de esterilizar las plantas más modestas.

Asociándose árboles, arbustos y hierbas, son capaces de evitar la acción de las aguas torrenciales, de contrarrestar las heladas, de resistir las sequías, de convertir en templado el medio más crudo. Se asocian los vegetales herbáceos y con el número resisten la destrucción que operan los animales herbívoros, y en una palabra, puesto que el concepto es tan claro que nadie ha de abrigar dudas, la asociación es el medio mejor de resistencia en la lucha por la vida.

Cómo se asocian los vegetales. — No por mutuo pacto, sino por condición de la existencia, fundamento al fin y al cabo de todas las sociedades, incluso la humana. Sólo en los protistas, que algunos consideran como vegetales, se da el caso de formarse una asociación juntándose elementos sueltos; es el medio que hemos indicado al aludir á la formación de tejidos por células primeramente libres. Se forman también sociedades de protofitos, que en los es-

quizomicetos reciben el nombre de *zoogleas* (fig. 109), con los individuos que nacen de unos cuantos que existan previamente en un medio á propósito.

Generalmente se fundan las sociedades por dos procedimientos: por los gérmenes que se desenvuelven juntos ó por extensión de un aparato vegetativo. Así, cuando germinan las esporas de una criptógama, en derredor de la planta que les produce se forma una sociedad; casos de estos podemos ofrecer numerosísimos. En los musgos se originan juntos muchos protonemas, y en cada uno de ellos diferentes plantitas, y así es rarísimo encontrar un solo aparato vegetativo, sino que los musgos forman extensas alfombras á veces, cubriendo el suelo húmedo. En los hongos, tales como los *Pilogorus* y las *Peziza*, que proyectan sus esporas á cierta distancia, se producen también sociedades, numerosas en individuos.

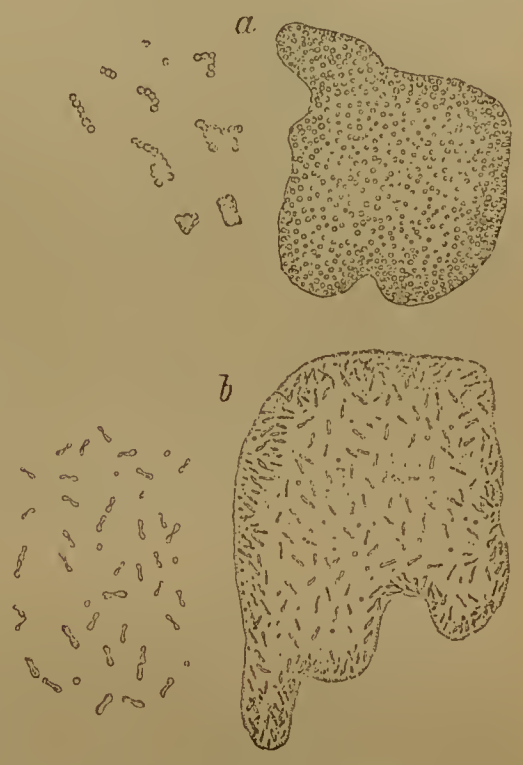


Fig. 109. – Esquizomicetos. *a. Micrococcus* libres y asociados en zooglea. *b. Bacterium termo* libre y en zooglea.

En las fanerógamas, el mismo caso se repite; recuérdese, por ejemplo, la lenteja de agua, que á veces se desenvuelve en tal profusión, que cubre la superficie de los pantanos en una extensión considerable. Los *Oxalis* (acederilla, matapán, agreta) y otras muchas plantas que dominan el suelo tapizándolo en una gran superficie, nacen juntas por la diseminación á corta distancia de multitud de semillas.

Claro es que en la formación de estas sociedades influyen la naturaleza del suelo y las condiciones del clima, pues á veces, para asegurar la descendencia, la planta emite gran número de semillas y apenas llegan á germinar unas cuantas.

Un solo pie puede dar lugar á muchos individuos que vivan juntos, sin necesidad de diseminar las semillas, por medio de estolones que emita lateralmente, por bulbos ó por una especie de acodo. Las fresas, con sus tallitos rastreros, las zarzas y la hierba-doncella *(Vinca major)* son capaces de originar numerosos individuos

sin previa fructificación; según Darwin, la última de las plantas citadas no fructifica en Inglaterra. Ejemplo el más concluyente de esta manera de formarse sociedades vegetales es la *Elodea canadensis*, planta acuática americana que fué importada en Europa al comenzar este siglo, y hoy cubre canales y ríos en Francia, Bélgica, Holanda, etc., sin haber fructificado nunca.

El azar asocia á plantas de géneros diferentes; los bosques, las orillas de los ríos, los valles abrigados, atraen, por las condiciones del suelo ó del clima, semillas que germinan en amigable consorcio y perfecta armonía con las plantas preexistentes; los sembrados son también motivo de asociación de otras muchas especies que la mano del hombre no cultiva. El bienestar ajeno siempre atrae á las especies, y por eso una asociación es base muchas veces de otra más extensa.

Conviene tener siempre en cuenta que el nacimiento no es más que una condición, y es otra el medio, obrando en igual medida aquél y éste por lo que se refiere á la formación de asociaciones vegetales.

Límites entre el individuo y la sociedad. — No siempre están bien definidos. En el caso en que una asociación vegetal se forme por semillas diseminadas sobre el mismo campo y cada nueva planta proceda de un germen distinto, los límites entre el individuo y la especie aparecerán bien claros; en el caso en que los estolones ó el acodo de una planta dé lugar á la formación de otras, no es fácil precisar si el conjunto resultante es un individuo ó es una reunión de muchos individuos.

Yo recuerdo haber visto en mi país (Aragón) parras que alcanzaban muchos metros de longitud apoyadas á las tapias de los huertos; se habían formado por acodos sucesivos con sarmientos largos, encorvándolos hacia la tierra y enterrando la parte más encorvada de modo que arraigara, dando lugar la extremidad del sarmiento á una nueva cepa, de la cual al cabo de algún tiempo se acodaba otro sarmiento y así sucesivamente, sin que se pueda afirmar qué extensión ocuparía una parra de las más á propósito para el acodo si se continuara la operación sin cesar, generación tras generación. En este caso la totalidad de aquella enorme vid ¿sería

un solo individuo ó serían muchos individuos, asociados por su nacimiento? A mi modo de ver la parra así constituída es una sociedad, pues que cada cepa toma sus alimentos del suelo y fructifica independientemente de las otras, pero no es la cuestión indiscutible ni mucho menos.

En los hongos ocurre también un caso dudoso; en los *Agaricus* nace cada receptáculo fructífero sobre el micelio, y en uno de estos pueden producirse multitud de receptáculos; por eso, á veces, en el campo se ven verdaderos bosques de hongos, y en los sitios en que se cultivan mucho mejor. El vulgo considera cada receptáculo como un individuo, como un hongo, como una seta, y sin embargo el verdadero vegetal es el micelio, lo otro es una fructificación. El conjunto de hongos que proceden de un mismo micelio parece mejor exteriormente una sociedad que un individuo.

En el grupo de los hongos ocurre también que se fusionan los *tallus* de tal modo que un aparato vegetativo puede proceder de muchas esporas; ¿es en este caso un individuo ó es una verdadera asociación?

Los casos de simbiosis entre una alga y un hongo que dan nacimiento á los llamados líquenes, son también de los que ofrecen dudas; es verdad que allí hay dos individuos, pero de tal manera unidos, identificados en su funcionalismo y en su anatomía, que no es extraño se hayan tomado por un solo individuo y se tomen aún si sólo se les mira exteriormente.

De uniones íntimas entre individuos, se citan hechos muy curiosos. En los bosques es muy frecuente que al entrecruzarse las ramas de algunos árboles (olmos, hayas, etc.) se suelden por un injerto natural. En los tilos ha ocurrido el caso de germinar una semilla en el hueco de un árbol viejo de la misma especie, gracias á la tierra que le cubría, y más adelante el nuevo arbolillo ha llegado á soldar su tallo con el viejo dándole vigor y vida.

En realidad el mismo individuo vegetal, ¿qué es sino una asociación? La teoría celular así le considera y racionalmente no puede menos de aceptarse este criterio. El verdadero individuo es la célula; lo demás son asociaciones de mayor ó menor extensión.

II. — ASOCIACIONES ENTRE VEGETALES

Entre plantas de la misma especie. — Es, si cabe, la lucha por la vida más encarnizada entre plantas hermanas que entre las extrañas, principalmente cuando se disputan muchos individuos la posesión de un campo ó una cantidad limitada de substancia alimenticia. No obstante es frecuente, frecuentísima, la asociación de individuos de una misma especie, y aun de individuos que procedan de semillas formadas en ovarios de una misma planta. Cuando la alimentación no falta y el campo es amplio, la asociación es fácil y la vida de los asociados tranquila; no habiendo entre ellos competencia, se defienden colectivamente.

Humboldt decía que era tan raro encontrar en un campo un brezo aislado, como una hormiga errante por un bosque.

La asociación entre plantas de la misma especie puede cumplir dos fines, uno individual y otro específico: el fin de realizar la vida individual tranquilamente y el fin de asegurar la propagación de la especie. Del primero nos hemos ocupado ya en las generalidades.

Muchos individuos juntos aseguran la fecundación; es sabido que en la Naturaleza el cruzamiento es lo ordinario, la autofecundación difícil en la mayoría de los casos. A pesar de hallarse órganos masculinos y femeninos reunidos en una misma flor, disposiciones especiales que en lugar oportuno estudiaremos, hacen imposible el hermafroditismo funcional. Por esta causa adquieren las generaciones sucesivas mayores bríos en las especies sociables en que el cruzamiento se facilita de modo extraordinario.

Por otra parte, si la destrucción de individuos es muy grande, por la asociación se logra la supervivencia de algunos, encargados de propagar la especie, amenazada cuando el número de plantas es escaso. La fecundación fácil y la abundancia de semillas que es consecuencia de la vida social, permiten contrarrestar la gran destrucción llevada á cabo por los animales herbívoros.

¿Qué difícil no es destruir los hongos parásitos, que se reproducen de una manera extraordinaria, si les rodean circunstancias favorables? Los esquizomicetos y los sacaromicetos, las peronos-

poreas y otros muchos hongos, forman colonias de individuos de la misma especie tan numerosas, que á pesar de ser éstos microscópicos, la colonia se divisa admirablemente á simple vista, formando una especie de membrana, un mucílago en apariencia, ó como eflorescencias salinas.

Y en las algas, ¿qué sociedades más numerosas no se forman en el fondo de los mares, en la superficie de las rocas, cubriendo los cauces de los ríos tranquilos ó el suelo de las lagunas?

Estas asociaciones no solamente protegen á sus individuos, sino que también ejercen una acción útil sobre los otros seres vivos. Así, la levadura de cerveza, que produce alcohol, favorece el desenvolvimiento del *Micrococcus aceti*, que se nutre de este alcohol. El *Micrococcus ureæ* y el *nitrificans* son microbios protectores de las plantas porque forman el primero amoníaco y el segundo ácido nítrico, substancias azoadas muy importantes.

Los bosques de individuos de la misma especie dan sombra, dan hojarasca y disponen el suelo de modo que viven otras plantas, y además no pocos animales, insectos, arácnidos, aves, reptiles, etc., á los cuales favorecen.

Obsérvase que la asociación de individuos iguales es más frecuente hacia el polo que hacia el ecuador; así, en Laponia se ven bosques, que cubren inmensas extensiones, formados sólo del *Pinus sylvestris*. La uniformidad en el clima y en el suelo impone cierta uniformidad en la vegetación.

Formaciones botánicas y fases de vegetación. — Las que en geografía botánica reciben estos nombres, no son ni más ni menos que asociaciones de plantas pertenecientes á grupos muy distintos, pero que viven en circunstancias comunes.

Formaciones botánicas suelen llamarse aquellas en que dominan plantas arbóreas *(bosques)*, arbustos y matas leñosas *(montes bajos)*, matas raquíticas de escasa expansión foliar y abundantes ramificaciones *(estepas, desiertos)*, ó hierbas de vida exuberante *(prados)*.

Fases de vegetación denominaremos á los matices distintos que en cada formación se observen por el predominio de determinadas formas vegetales.

Las sociedades vegetales más variadas, á las que concurren individuos de grupos más distintos, son seguramente los bosques de los países meridionales y de bajas altitudes. El bosque es el ejemplo más hermoso de la vida social en el mundo de las plantas. Arboles, arbustos, matas y hierbas, fanerógamas y criptógamas, especies de tallo recto que forma rígida columna, arbustos trepadores que buscan en los troncos sostén y defensa, vegetales rastreros, todo el conjunto de variadas formas que el mundo botánico nos ofrece, puede hallarse en el interior de un bosque ecuatorial.

Bajo las ramas frondosas de hojas anchas que detienen los rayos solares, templando sus ardores, capaces de agotar por sobra de vida la ruin de las pequeñas plantas; bajo aquella bóveda que el huracán respeta y que las aguas torrenciales no pueden atravesar sino saltando antes de hoja en hoja, deshaciéndose en millares de gotas; bajo el protector manto que á cierta altura tienden los corpulentos árboles, pueden abrir sus corolas incitantes las más hermosas y delicadas monocotiledóneas; se levantan sobre el suelo los helechos de picadas frondes, hijos de la humedad y amigos de la sombra; los musgos tapizan el suelo, ocultando la negra tierra que le forma. Allí, hasta las orquídeas, ambiciosas de cuidados, pueden arraigar en los huecos de los árboles, pendiendo sus pedúnculos que sostienen las flores más bellas, de más caprichosas formas, que la Naturaleza esparció sobre el mundo. Allí, las lianas enroscan sus tallos como gruesas serpientes en los troncos más corpulentos, y ganan las alturas y hacen más densa la bóveda del bosque, cuando sin las columnas que las sostienen estarían condenadas á rastrearse por la tierra. No hay, no, en la Naturaleza ejemplo más hermoso de asociación que el que ofrecen los bosques ecuatoriales, refugio seguro de una fauna que en riqueza de formas casi aventaja á la flora.

Fases distintas en los bosques pudiéramos señalar muchas. Comparemos el oasis del desierto, grupo de palmeras de tallo desnudo y frondes en parasol, con las selvas americanas de árboles frondosos, con los bosques de pinos que cubren extensos territorios del dominio forestal del Norte y con los de abetos ó cedros que ganan las alturas en el Himalaya ó en el Atlas; ¿cuántos aspectos distintos, qué

condiciones más diferentes no tienen los bosques según los árboles que en ellos dominan?

Por lo demás, la vida social, en estos casos como en los montes bajos, resulta de la armonía entre las funciones de cada individuo; no puede decirse que cada planta tenga una misión social á la vez de su misión individual, como se observa en los organismos en que campea la división del trabajo; la función colectiva de los diferentes individuos resulta por sí, de un modo inmediato, sin que la planta agregue un acto funcional más á su fisiología; es una asociación ésta de mutuos servicios, de defensa ó de protección mutua, que no trae consigo un progreso social; valiéndonos la frase, diríamos que es una sociedad individualista, no una asociación socialista; el individuo garantiza su vida, la sociedad permanece estacionada.

Las condiciones del suelo imponen, sobre todo en las llanuras, fases especiales á la vegetación, y cada fase es una sociedad de plantas distintas, pero que exigen todas la misma condición de suelo. Así sucede en la flora de las salinas; la forman salsoláceas, compuestas, alsináceas, plumbagíneas, etc., de hojas crasas y aspecto característico que da uniformidad al conjunto.

Es también impuesta por el medio la asociación de las plantas acuáticas, en que caben ninfeáceas y ranunculáceas, alismáceas y rizocárpeas, hidrocaridáceas y lemnáceas, ciperáceas y poligonáceas.

Asociación en cierto modo espontánea y en gran parte también artificial, muy notable y característica, es la de los campos cultivados, principalmente la de los sembrados de cereales. Entre el tono verde dominante que imprimen las hojas del trigo ó de la cebada, se destacan unas veces las flores rojas de las amapolas y los *Adonis*, las amarillas de ciertas crucíferas, *Ranunculus*, y *Linarias*, las blancas de resedas, fumarias y margaritas, las violadas del *Echium*, *Delphinium*, etc. Es tan característica y constante la flora de los sembrados, que forma una de las asociaciones vegetales más notables y uniformes en los diferentes países.

Parasitismo y comensalismo. — Son dos géneros de asociación bien diferentes y que por regla general suelen confundirse; cuando se ve á una planta criptógama vivir sobre otra del mismo tipo ó de tipo distinto, se suele decir que aquélla es parásita de ésta. No

siempre puede ser cierto este juicio; hay ocasiones en que dos plantas que viven la una sobre la otra se prestan mutuos servicios sin causarse daños; en este caso no hay parásito ni hay víctima, hay un comensal y un huésped; la asociación no puede definirse como parasitismo, es un verdadero comensalismo; una planta es parásita de otra cuando vive á costa de ella, huelga mientras su víctima trabaja.

Fig. 110. – *Plasmodiophora Brassicæ.* Mixomiceto parásito. *A*, raíz de *Brassica* con hernias; *B*, células del parenquima con el plasmodio, que ha invadido por completo el interior; *C*, células del parenquima llenas de esporas; *D*, esporas aisladas; *E*, esporas de las que salen las mixamibas; *F*, mixamibas.

Microbios hay que están en contacto de las raíces y que lejos de vivir á su costa, favorecen la absorción de ciertos productos. Hay algas microscópicas que penetran en el interior de otros vegetales superiores y viven sin quebranto del huésped.

El parasitismo de unos vegetales sobre otros es caso muy frecuente en la Naturaleza.

Hay criptógamas parásitas de plantas del mismo grupo; recuérdese el caso ya citado del *Piptocephalis*, que vive á costa de hongos mucoríneos de su misma familia; los ejemplos que pudiéramos

citar de hechos análogos serían muy numerosos. Existen criptógamas que viven sobre fanerógamas, y entre estas últimas hay también parasitismo. No existen, en cambio, fanerógamas parásitas de criptógamas.

A los falsos parásitos se les ha denominado en Botánica *epifitos*. Hay plantas que son parásitas á medias, es decir, que no disfrutan de holganza completa, pues ayudan en sus funciones algún tanto á la víctima; así, el muérdago ó vesque tiene hojas verdes y sólo con las raíces roba jugos al árbol sobre que vive; los *Orobanche* y los *Cytinus* se fijan á las raíces y dejan al resto del vegetal en libertad de desenvolverse.

Fig. 111.— *Chlorochytrium Lemnæ* Cohn., parásito de la lenteja de agua. *a*, tejido de la *Lemna trisulca* $\left(\frac{400}{1}\right)$, *b*, una gameta; *c*, una cigospora.

Como el parasitismo reviste formas muy distintas, citaremos solamente algunos casos típicos.

Entre los mixomicetos merece mencionarse la especie *Plasmodiophora Brassicæ* (fig. 110), que produce la enfermedad llamada *hernia* sobre las raíces de algunas crucíferas y causa daños de consideración en las coles *(Brassica)*; es tipo de la familia de las plasmodioforáceas; en Europa apenas se propaga y en cambio es muy frecuente en América. Se distingue exteriormente en las raíces por los abultamientos grises ó amarillentos que produce. Su reproducción es esporádica, y las esporas, que son muy pequeñas, se convierten en mixamibas y en tal estado atraviesan las células periféricas de las raicillas fijándose en el interior de dichas células; tardan poco en formar un plasmodio, que usurpa su puesto al protoplasma y hace que se ensanchen los elementos histológicos, por lo cual se manifiestan al exterior los abultamientos á que hemos aludido.

Algas sifonáceas viven en el interior de las plantas acuáticas;

ejemplo el *Chlorochytrium Lemnæ* Cohn (fig. 111), que se desarrolla en el interior de las lentejas de agua. Más curioso es el hecho de que algas del mismo grupo vivan fuera del agua y sean parásitas de vegetales terrestres, como sucede con el *Phyllosiphon arisari* Kuhn (fig. 112). Este parásito del *Arisarum vulgare* se divisa muy

Fig. 112. – *Phyllosiphon arisari* Kuhn. *A*, hojas de *Arisarum vulgare* con las manchas producidas por el parásito; *B*, talo del *Phyllosiphon* ramificado dicotómicamente; *C*, protoplasma del talo dividido en multitud de esporas; *D*, dos esporas.

bien sobre las hojas y está formado de una expansión dicotómica que claramente se ve pertenece al grupo de las algas.

Hongos parásitos los hay numerosísimos; describir aquí las formas que presentan equivaldría casi á describir entero aquel grupo importante de plantas criptógamas.

Entre las fanerógamas, las *Cuscuta*, los *Orobanche*, los *Cytinus* y *Apodanthes*, las lorantáceas, son buenos ejemplos de parasitismo.

La *Cuscuta*, que pertenece á la familia de las convolvuláceas,

recibe por la forma capilar de sus ramitas (fig. 114) el nombre vulgar de *cabello de Venus;* vive arrollada al cáñamo, al tomillo y á otras muchas plantas, uniéndose á ellas por medio de chupadores en forma de ventosa.

El *Viscum* (figura 113), por el vulgo llamado *muérdago* ó *vesque*, es verde y se asienta sobre los pinos y árboles frutales (manzano, peral, melocotonero, olivo, etc.); se sujeta á la víctima extendiendo por su leño las raíces ramificadas y formando con él á la vez una especie de injerto por cuña (fig. 115). Diversas lorantáceas viven de una manera parecida.

Fig. 113. – *Viscum album* con fruto.

Los *Orobanche* y el *Cytinus* son parásitos de raíces; este último (fig. 116) es asiduo habitante de nuestros extensos jarales, bajo cuyas ramas parece esconderse abriendo en la sombra sus flores coloreadas; aquí el injerto es radical. En su misma familia se incluye al *Apodanthes* (fig. 117), que allá en América vive como la *Cuscuta* arrollado á las ramas de ciertas leguminosas.

Fig. 114. – *Cuscuta minor.*

El parasitismo, como se ve, es muy frecuente entre los vegetales, es el procedimiento mejor de defensa en la lucha por la vida y

es causa de modificaciones orgánicas, lo mismo en el parásito que en la planta sobre que vive.

Obsérvanse en los parásitos metamorfosis sumamente notables que dan lugar á un verdadero polimorfismo en ciertos hongos, obligándoles á vivir en cada estado sobre diferente especie vegetal y además motivando una verdadera emigración, fenómeno parecido al que estudia el zoólogo en el importante tipo de los gusanos. Esta emigración se traduce en cambios de *habitat*, recibiendo el fenómeno el nombre de *heteroecia*.

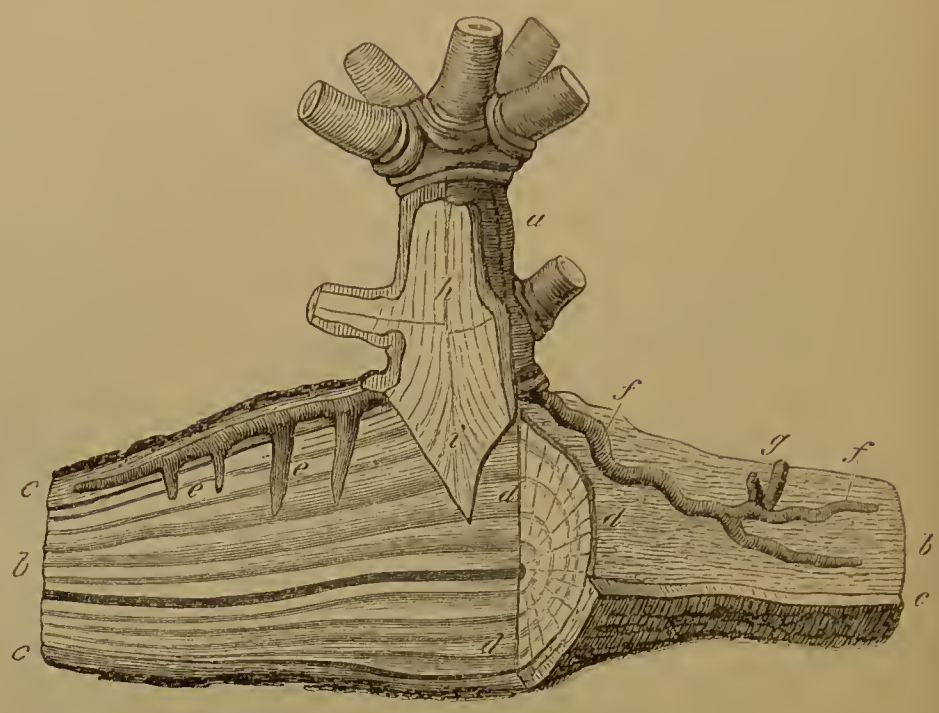


Fig 115. – Unión del *Viscum album* L. con el leño de otra planta.

Fig. 116.—*Cytinus hypocistis.*

Adaptándose al parasitismo, muchos vegetales sufren una metamorfosis en sentido regresivo, de un modo semejante á como ocurre en los animales del grupo de los crustáceos; la vida parasitaria parece que impone una degradación orgánica. De esta metamorfosis ha podido resultar nada menos que una variación de rumbo en la marcha evolutiva de las especies. Saporta y Marión consideran precisamente á la clase de los hongos como formada merced á la metamorfosis regresiva de las algas primitivas, aparecidas en el tiempo mucho antes que aquel otro grupo.

Como es natural, los vegetales atacados por los parásitos de-

fienden su organismo, y á veces logran vencerles en esta lucha, enquistando los gérmenes, formando en derredor de ellos una barrera celulósica infranqueable.

El parásito motiva desde luego una excitación en los tejidos de la planta sobre que se asienta, y tal excitación contrarresta en parte los efectos de aquél, hipertrofiando el órgano; de aquí que muchas

Fig. 117. – *Apodanthes* parásita de una leguminosa.

veces, como sucede en la vid atacada del *mildew*, las hojas heridas vivan más tiempo que las sanas; ya hemos visto que el *Plasmodiophora* hipertrofia los tejidos de las raíces de la col. Muchas veces la planta atacada aisla el órgano enfermo y hasta lo elimina, dando lugar á una especie de amputación voluntaria.

Es frecuente también el caso en que el parasitismo deforme la planta toda. Así se observa en las euforbias, que cambian de forma hasta creerles especies distintas, cuando les atacan hongos mucoríneos. Entre estos mismos hay algunos casos de deformación por el parasitismo de individuos de la misma familia, y á veces el entre-

cruzamiento de los órganos del hongo parásito y de su víctima es tal, que fácilmente se toma al uno como parte del otro, caso que ha ocurrido á botánicos distinguidos.

Simbiosis. – Un caso curiosísimo de asociación vegetal, el que implica una relación más íntima, es el conocido con el nombre de *simbiosis*, que da por resultado las plantas que se llaman líquenes. Estas se hallan formadas por un alga sobre la cual vive y se desenvuelve, á la par que ella, un hongo parásito (figs. 118 y 119). El hecho, una vez descubierto, no podía menos de sorprender á los viejos liquenólogos, que, con tal interpretación, creían profanado su santuario. Sin embargo, hoy entra en la categoría de los hechos demostrados la afirmación sentada de que un liquen es la asociación íntima de dos vegetales: un hongo entre cuyo micelio se desenvuelven elementos verdes, los *gonidios*, que pertenecen á un alga.

Fig. 118.—*Usnea barbata.*

Prueban evidentemente esta manera de ver las experiencias de Famintzine y Baranetzky, quienes aislaron, en diferentes líquenes, los gonidios de la parte del micelio, y cultivándolos separadamente les vieron producir zoosporas. Se ha repetido el experimento ya muchas veces y ofrece cierta facilidad. En cambio es muy difícil hacer vivir independientemente el hongo.

El estudio anatómico de aquellas curiosas criptógamas ya revela esta unión de dos seres distintos; pero por si cupiera duda de que es cierta la afirmación sentada primeramente por Schwendener, han venido Rees, Bornet y Bonnier á dar la prueba definitiva, indiscutible, formando líquenes artificialmente por siembra de esporas

de ciertos hongos sobre algas libres, copiando en esto lo que la Naturaleza ofrece.

Los gonidios pertenecen á diferentes familias de las algas, y los hongos suelen ser de dos tipos de ascomicetes muy distintos; es un hecho frecuente el que vivan algas diferentes sobre un mismo hongo. Forssell ha encontrado en los géneros *Sticta*, *Pannaria*, *Peltigera* y *Verrucaria*, gonidios de algas azuladas al lado de los gonidios ordinarios.

El fenómeno á que nos referimos es una asociación que tiene caracteres de originalidad; sin embargo, ofrece puntos de semejanza con el parasitismo, del cual puede considerarse como un caso especial. En los líquenes, el hongo desempeña un papel que es útil al alga, por más que ésta sea en la mayor parte de los casos la víctima. Sin el hongo no sería posible al otro vegetal vivir en las condiciones de sequedad excepcionales en que los líquenes viven; sin el alga tampoco el hongo podría soportar las circunstancias en que por la simbiosis vive y se reproduce.

Fig. 119. – *Sticta pulmonacea.*

Parece que aquí el alga se halla supeditada al hongo, puesto que sólo éste produce normalmente frutos; en cambio, si por casualidad el liquen habita un lugar húmedo, puede vivir el alga con completa independencia.

Si acaso, la asociación denominada *liquen* podría considerarse como un fenómeno de comensalismo; aceptaremos, no obstante, la denominación de simbiosis dada á este caso particular y ya sancionada por la costumbre entre los botánicos.

Consideran algunos autores como un fenómeno de simbiosis, y lo es en realidad, aunque parcial, el hecho que Frank denominó *micorriza*. Se asemeja ésta aún más que la simbiosis al comensalismo, y si la colocamos en este lugar, es por seguir la costumbre de otros botánicos y porque nos permite enlazar los fenómenos de simbiosis y de comensalismo, que por otra parte lindan con ciertos casos de parasitismo en que el perjuicio causado por el parásito queda en parte destruído por los servicios que presta.

La micorriza es una asociación curiosísima de las raicillas de ciertas plantas con los filamentos micelianos de determinados hongos. Obsérvase en muchas coníferas y amentáceas que las extremidades radicales carecen de pelos absorbentes y se hallan recubiertas en su parte externa por filamentos que forman una especie de tejido esponjoso, absorbente, tan íntimamente ligado á los tejidos de la raíz, que parece una dependencia suya. Y es constante este hecho en muchos árboles, sobre todo en el abedul, el avellano, el haya, el castaño, y aun en los robles, encinas, sauces, pinos y abetos.

Desempeñan en este caso los filamentos micelianos la misión de los pelos absorbentes, y prestan por tanto al árbol un servicio de importancia. Es difícil aventurar qué especies de hongos son las que forman las micorrizas; Ferry de la Bellone y Mattirolo han afirmado que las trufas son los receptáculos fructíferos de ciertos de estos hongos; en realidad se observa con gran constancia que viven en la proximidad de las cupulíferas.

Fenómenos análogos se han observado en muchas plantas saprofitas, particularmente en las que tienen tubérculos. Wahrlich ha tenido ocasión de comprobar la existencia de micorrizas en más de quinientas especies de orquídeas. Otros autores han hecho la misma observación en plantas de diferentes familias. Hace cuarenta años que ya Graves había observado algo de esto en las raíces de *Monotropa hypopytis*, que recientemente Kamiensky ha vuelto á observar, hallando en ellas micorrizas bien definidas.

En algunas especies de gencianáceas del género *Voyria* de las Antillas, ha comprobado Drude la micorriza.

Como se ve, este género de comensalismo es sumamente frecuente; la asociación binaria es una de las más extendidas en la

Naturaleza y de las que prestan servicios mayores, por una especie de compensación establecida entre las exigencias de plantas diferentes.

III. – ASOCIACIONES DE PLANTAS Y ANIMALES

Son muchos los géneros de relación que la vida colectiva engendra entre los vegetales y los animales, y variadas las modificaciones orgánicas que tales relaciones motivan.

Relación estrecha hay por la alimentación entre las plantas carnívoras y los insectos que devoran, relación inversa entre los animales herbívoros y las plantas devoradas por ellos.

Podemos examinar en esta relación de individuos de los dos reinos orgánicos, fenómenos de parasitismo, de simbiosis y de comensalismo; pero la relación más especial, que implica una asociación estrecha entre plantas y animales, es la que establecen las plantas entomófilas. Trataremos sumariamente de estos puntos.

Los insectos y las flores. – Es vulgar ya la idea de este consorcio, merced al cual la reproducción de las especies se asegura y la vida de ciertos insectos se hace fácil. Conocen las gentes de qué manera y por qué causa en los bajos montes, embellecidos por las corolas y aromatizados por los efluvios de las labiadas, habitan preferentemente las laboriosas abejas. El espectáculo de la pradera matizada de flores, y sobre ellas, agitándose, numerosos insectos que tan pronto se posan en una como en otra corola, prueba la relación en que viven los órganos más bellos de las plantas y los animales dotados de mejores galas. El poeta recubrió con el ropaje delicado de la fantasía la obra de la Naturaleza, cantando las bodas de flores é insectos, en un ambiente de perfumes y de luz. Pudo el arte, en la sublimidad de sus concepciones, pintar al pensamiento, la flor severa y elegante, fecundado por el trabajo, que simboliza la obrera en la sociedad de las abejas. El entomólogo da fe en sus recolecciones de la abundancia con que afluyen los insectos á la muselina de la manga cuando pasea ésta por las flores del campo.

El hecho es sorprendente, pero conocido; la Botánica moderna

se ha preocupado de darle explicación en el conjunto y en los detalles.

Para prevenir las plantas contra los estragos de la autofecundación dispuso la Naturaleza los órganos florales de modo que ó no se desenvolvieran á la vez los masculinos y los femeninos, ó si lo hacían no pudiese de un modo directo el polen de una flor fecundar á los huevecillos de la misma. Para lograr fácilmente la fecundación se necesita en la generalidad de los casos un agente intermediario: puede ser éste el aire *(plantas anemófilas)* ó pueden ser los insectos *(plantas entomófilas)*. La asociación, pues, de insectos y plantas asegura la fecundación cruzada, es una garantía de la continuidad de la especie.

Tal relación implica necesariamente cambios orgánicos en los seres que se relacionan; flores é insectos han de adaptarse los unos á los otros. Aquéllas han de prestar á éstos su alimento, éstos han de tener el cuerpo de tal manera dispuesto que ofrezca segura garantía para transportar el polen.

En las flores hallan los insectos dos substancias para ellos necesarias, el *polen* y el *néctar;* la forma del cuerpo, el hallarse recubierto de pelo, la disposición de las antenas, etc., son circunstancias ventajosas para transportar los granos polínicos de una flor á otra.

El mayor esfuerzo de adaptación lo verifican, como es natural, las plantas. En el estudio de las flores fanerógamas ya pasaremos revista á las numerosas disposiciones que tienen para atraer á los insectos, para retenerlos si es preciso, llenándoles unas veces de polen, haciendo otras veces que dejen el que llevan retenido entre la pubescencia del cuerpo.

Los insectos que más frecuentan las flores, que viven en estrecha y obligada sociedad con ellas, son los lepidópteros ó mariposas, los himenópteros, los dípteros y los coleópteros.

Las mariposas vuelan con rapidez, se posan de flor en flor y con su larga espiritrompa pueden llegar hasta el fondo de las corolas que tengan largo tubo; hay lepidópteros tropicales cuya espiritrompa alcanza la longitud de veinte centímetros; los de nuestro país no llegan á tenerla de una longitud mayor de siete centímetros; así pueden fecundar flores como las de la madreselva. El

polen es retenido entre los pelos de la cabeza de la mariposa, principalmente entre los que cubren los palpos.

Los coleópteros tienen escasa eficacia para la fecundación; se les encuentra muchas veces en las flores como verdaderos parásitos, tal sucede con los melóideos; pero los hay que ofrecen adaptaciones especiales en los órganos cefálicos, merced á las cuales retienen el polen. Ocurre esto principalmente en los cerambícidos del grupo de los lepturinos.

Más eficaces son los insectos del orden de los dípteros, pero sobre todo los que prestan bajo este punto de vista servicios mayores son los himenópteros, y entre ellos las abejas, los abejorros, los del género *Anthophora*, los del *Andrena*, *Osmia*, *Megachile*, *Crabro* (fig. 121), etc.

Fig. 121.—Himenópteros visitando las flores.

Algunos pájaros, principalmente los colibríes de pequeño tamaño que viven en las zonas tropicales de América, pueden desempeñar la misión que acá en Europa cumplen las abejas y las mariposas.

Nótase una especie de competencia en la brillantez de los colores y en la belleza de las formas entre los insectos y las flores que visitan. Ninguna ofrece, respecto á esta cuestión, ejemplo más hermoso que la familia de las orquídeas, que en su adaptación llega á copiar los tonos, la forma general y hasta detalles insignificantes de los insectos que las fecundan. Las mariposas se adaptan de tal manera, que pueden escapar á la mirada de sus perseguidores. De la asociación sacan en este caso igual provecho los seres asociados, y además da lugar aquélla á que ofrezcan las maravillas de color, la esbeltez de formas que en ellos admiramos. Es el polo opuesto la sociedad de flores y plantas de la otra sociedad parasitaria que á un ser degrada y al otro empobrece. Siempre la Naturaleza cubre

con sus mejores galas lo que es fecundo en bienes y asegura la vida y la actividad en el Universo.

Parasitismo, comensalismo y simbiosis. — Son muchas las plantas parásitas de los animales, como son muchos los animales parásitos de las plantas. Existe idéntica asociación respecto á este punto á la que hemos estudiado entre plantas. Los protistas nos proporcionan, como es natural, el mayor contingente de datos. ¿Cuántos microbios no se consideran hoy como causa de enfermedades en virtud de ser parásitos sobre diversos órganos? Citaremos solamente algunos de los vegetales que han tomado carta de naturaleza en el hombre.

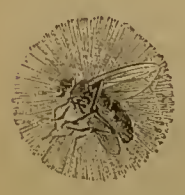


Fig. 122. — Mosca cubierta de *Saprolegnia ferax.*

Hongos hay como los *Trichophytos* que causan diferentes afecciones de la piel, no sólo en el hombre, sino en la mayoría de los mamíferos: recordemos el *Achorion Schoenlenii*, el *Trichophyton tonsurans*, el *Microsporum furfur* y *Microsporum Audouinii;* anotemos igualmente la *Lepocolla repens*, el *Oidium albicans*, el *Actinomyces bovis*, el *Chionyphe Carteri* y el *Aspergillus glaucus;* pudiéramos continuar citando un sinnúmero de ellos. Los hay parásitos de insectos, ó entomófagos (figs. 122 y 123), como el *Botrytis*, que mata al gusano de seda, los *Cordiceps*, *Isaria*, *Torrubia*, *Saprolegnia*, etc.

Respecto á parásitos animales sobre las plantas, bastará con que citemos la filoxera. Hay en el parasitismo de ciertos insectos fenómenos muy notables de metamorfosis y de emigración acompañando al desarrollo de la planta, como sucede por ejemplo con algunos melóideos entre los coleópteros y con la misma filoxera y los pulgones.

Las plantas atacadas por los parásitos animales sufren transformaciones de carácter general ó de carácter local; el caso más conocido es el que nos muestran las agallas (fig. 124), que se deben á la picadura de algunos insectos y al desarrollo de sus larvas. Mr. Treub cita en los *Liparis* (orquídeas) de Java el hecho de adelantarse el desenvolvimiento del óvulo merced á la excitación producida por ciertos insectos parásitos; éstos pueden hipertrofiar los tejidos y pueden también determinar una mayor vitalidad.

El comensalismo de los microbios también es fenómeno frecuente; los hay que ayudan á la digestión, que acompañan á la sangre, favoreciendo la desasimilación y la asimilación.

Caso de comensalismo, ó de simbiosis, como otros autores quieren, es el de muchos animales inferiores acuáticos que contienen en su interior corpúsculos clorofílicos; antes se creía que eran capa-

Fig. 123. — Mariposa y larva de *Hepialus;* la larva lleva un largo parásito vegetal sobre la región cefálica

ces tales protozoarios de producir clorofila. Semper, en 1880, ya suponía que los corpúsculos verdes observados en el *Paramecium bursaria*, en el *Stentor polymorphus*, en la *Euglena viridis* y en la *Hydra*, eran algas que vivían en simbiosis con los animales mencionados. Ultimamente Brandt, estudiando la cuestión, ha referido dichas algas á los géneros *Zoochlorella* y *Zooxanthella*.

En realidad, este fenómeno difiere bastante de la simbiosis que produce los líquenes; no hay una relación tan estrecha entre los dos

seres asociados, ni se sabe que pueda el alga vivir independientemente si se la separa del animal. El hecho puede referirse á un comensalismo como otros muchos que la Naturaleza ofrece, y aun quizá se dé el caso de que el corpúsculo clorofílico sea un alga degenerada, que pierde su facultad reproductora acomodándose á un nuevo género de vida y reduciendo extraordinariamente su organismo.

Como relaciones entre animales y vegetales de índole parecida al comensalismo, citaremos las que motivan el fenómeno á que Lundstrœm ha dado el nombre de *domacia*. Diversos arácnidos acaros, parecidos al arador del queso unos y á las garrapatas otros, viven sobre las plantas, produciendo éstas para defenderse de aquéllos, cavidades donde los animalillos se refugian y encuentran abrigo y defensa, quedando en realidad aislados del vegetal; éste halla alguna ventaja en la presencia de los acaros, quienes le defienden de otros animales muy perjudiciales, y á la vez le proporcionan un alimento con sus excreciones, habiendo observado Lundstrœm en las domacias del tilo y del café, células parecidas á las que Darwin encontró en los tejidos absorbentes de las plantas carnívoras.

Fig. 124. – Agallas producidas en el roble por los *Cynips*. La del centro es del *Rhodites rosæ*

Está fuera de duda que los acaros motivan la producción de las domacias, siendo éstas consideradas como verdaderos órganos; son muy frecuentes en los vegetales y dan hospitalidad á millones de animalillos sin que por esto la planta sufra graves contingencias. El autor mencionado calcula que un acajú de diez ó doce años contenía hasta quince millones de acaros en sus domacias.

El hombre y las plantas. – Existen en efecto ciertos lazos de asociación entre los vegetales y el hombre; no cabe dudarlo, hay plantas que buscan la vecindad de las habitaciones humanas y el hombre asocia á su vida el cultivo de especies numerosas, ó las aprovecha cuando espontáneamente se desenvuelven en la Naturaleza.

El hombre ha sido agente poderoso de la propagación de muchas plantas, que extendieron merced á los cultivos su área de dispersión; las unas son directamente utilizadas, las otras buscan para existir la asociación de las útiles. Como una de las asociaciones más naturales y más constantes, hemos señalado la de las plantas que viven en los sembrados; á tal sociedad hay que agregar el hombre, verdadero autor de aquel consorcio. Con el trigo que se siembra, caen también al suelo semillas de un buen número de especies que, al transportar los productos del campo, pasan de uno á otro continente, haciéndose poco menos que cosmopolitas.

De esta asociación de hombres y vegetales, unos y otros salen gananciosos; aquéllos porque encuentran en el cultivo la resolución del más grave de los problemas, el problema de la alimentación; porque las plantas les proporcionan la madera con que edifican y construyen los utensilios más necesarios, frutos riquísimos, productos industriales, materias textiles, tantas y tantas cosas que enunciarlas sería tarea demasiado pesada; y lo mismo que en los bosques halla el hombre productos vegetales utilizables hasta en los desiertos más áridos.

Los vegetales, en cambio, tienen un protector en la lucha por la vida eficacísimo y un activo propagador de la especie.

En toda asociación, la relación mutua entre los asociados engendra adaptaciones, y no escapa la de que nos ocupamos á esta regla general. El hombre del campo, el que se encuentra en más íntimo consorcio con las plantas que cultiva, con los árboles de los bosques y las hierbas de los prados, endulza su carácter, suaviza sus costumbres y es trabajador y hospitalario, contrastando con el carácter belicoso del que se dedica á la caza y, en vez de asentar en el terreno su vivienda, vive errante por los bosques. Hay relación marcadísima entre la vida del hombre y la ocupación á que se dedica.

Las plantas han sufrido con el cultivo modificaciones asombrosas; si el tallo interesa al hombre, la planta sólo produce tallos y ni siquiera llega á fructificar; si lo que interesa son las hojas, dominan estas expansiones á la madera; los frutos se hacen más sabrosos, de mayor tamaño, se desenvuelven prematuramente; las flores multiplican sus pétalos, adquieren mayor belleza, y si espontáneas son humildes, cultivadas aparecen soberbias. Lo mismo el conjunto que los detalles es capaz de modificar la mano del hombre.

La aclimatación, que naturalmente implica un proceso largo, de tal manera se ha llevado á cabo, que hay en los cultivos cierto cosmopolitismo y es poco menos que imposible averiguar la patria de muchas plantas cultivadas.

Prescindiendo de esta relación, en la que no necesitamos insistir, hay no pocas plantas inferiores, algunas de las cuales ya hemos citado anteriormente, que viven parásitas en el hombre; y hay sobre todo protistas perjudiciales, por ser causa de enfermedades infecciosas, ó útiles, porque con su comensalismo el hombre se beneficia.

ONTOGENIA

CAPÍTULO OCTAVO

DESENVOLVIMIENTO DE LOS VEGETALES

I. — FECUNDACIÓN

El acto que inicia la formación de un nuevo ser es el punto de partida de todo organismo en la generación sexual. Cuando un vegetal se reproduce asexualmente, su desenvolvimiento queda reducido á la génesis de nuevas células partiendo de las primitivas, sin que preceda acto alguno de fusión protoplásmica. Si en la generación intervienen dos seres distintos ó gérmenes diferentes de la misma planta, la fusión del elemento masculino y el femenino es el preliminar obligado del desarrollo de la nueva planta.

La fecundación tiene lugar de modo distinto según la organización de las plantas, pero el acto fundamental es el mismo, ya se manifieste con la sencillez de la conjugación en las algas ó con los actos preparatorios con que se practica en las angiospermas. Se reduce en último término á la fusión de dos protoplasmas dotados de actividades y de condiciones diversas.

A pesar de su sencillez, el acto de la fecundación es trascendentalísimo; no puede decirse que en realidad sea un fenómeno de reproducción, es mejor un acto de transmisión de propiedades favorables que en el tiempo las generaciones anteriores adquirieron y la nueva generación aprovecha para luchar con ventaja por la vida. La fecundación logra dos fines: el primero es imprimir al óvulo la energía necesaria para que se desenvuelva; el segundo es cumplir la ley de herencia. De aquí que tanta importancia tenga esta función fisiológica, sin la cual ningún ser superior se reproduce. Y es

asombroso que tales efectos se logren por modo tan elemental, y lo sería más si el óvulo y el polen no fuesen resultado de un largo proceso orgánico. No sólo las grandes disposiciones del organismo se transmiten en el acto de la fecundación, sino hasta los más insignificantes detalles, siempre que éstos favorezcan la vida del ser que nace.

Compréndese, dado lo que acabamos de indicar, que tenga para las plantas trascendencia el problema de la autofecundación ó de la fecundación cruzada; que dentro de la obligada semejanza de los elementos sexuales, favorezca al germen resultante el que procedan de individuos lo más distanciados posible; que el cruzamiento sea motivo de actividad mayor en el nuevo ser.

En las criptógamas ya hemos visto el modo como se practica la fecundación: el elemento masculino son los anterozoides y el femenino las oosferas; recuérdense las descripciones del *Fucus*, de la *Funaria* y del *Aspidium*. Más sencillo todavía que el acto de fusión sexual en estas plantas estudiado, es el fenómeno de la conjugación de las algas y el que se observa en muchos hongos (*Rhizopus*, *Pyronema*, etc.); suele decirse que éste difiere de la verdadera fecundación en la semejanza que tienen las dos células que se conjugan, sin que esto sea rigurosamente exacto, puesto que ya hemos visto en las *Spirogyra* que existe alguna diferencia.

La fecundación en las gimnospermas ha sido descrita en el estudio del abeto: lo mismo podía describirse en una conífera cualquiera; en estas plantas, los granos de polen son pluricelulares, y en vez de contribuir todo el grano á la formación del tubo polínico, se forma éste á expensas de la célula más grande; en el óvulo existe un espacio denominado *cámara polínica*, en el que hay un líquido viscoso que retiene el polen. Cuando comienza la fecundación, el tubo polínico penetra hacia el huevecillo, pero suele á veces detenerse en su desarrollo algunas semanas y hasta más de un año, según que el fruto de la planta madure en un año ó en dos. Tras de este reposo, sigue alargándose el tubo hasta aplicarse oportunamente á los corpúsculos y operar la fusión, que da por resultado el que la oosfera se convierta en un huevecillo (véase fig. 125).

En las angiospermas, por diferentes procedimientos llega el polen al estigma, se fija gracias al líquido viscoso que éste tiene,

se hincha, y rompiendo la exina, se prolonga la intina en un largo *tubo polínico*. A veces (fig. 126) hay en el grano de polen puntos en que la capa externa de celulosa forma una especie de opérculo que se desprende, dejando salir por el orificio que resulta al tubo polínico, el cual, al través del tejido conductor del estigma, va penetrando hasta llegar al ovario y en éste hasta el micropilo de un óvulo. En un principio los tubos polínicos, que constituyen elementos de vida independiente, se alimentan á costa de las reservas de su protoplasma; pero cuando ya se han fijado en el estigma se convierten en parásitos de éste y se alimentan á sus expensas; no puede decirse que el tubo polínico sea una simple prolongación del grano de polen: es un órgano independiente, lleno de vida, que algún autor (Guignard) ha comparado al pseudoparenquima de los hongos. En efecto, como sobre un mismo estigma pueden caer varios granos de polen y producirse verdaderos haces de tubos polínicos, éstos semejarán hongos parásitos viviendo á costa del tejido conductor.

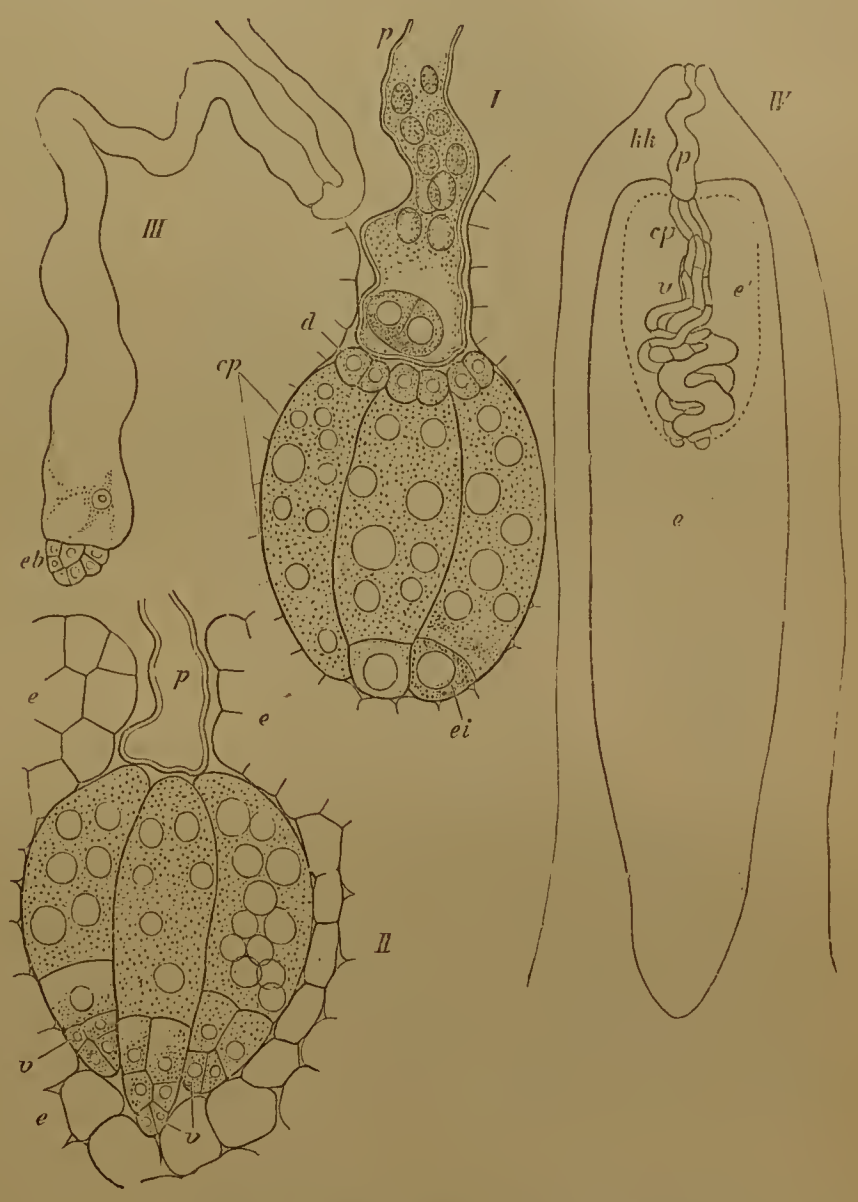


Fig. 125.—Fecundación en el *Juniperus communis*; *p*, tubo polínico; *d*, células del canal; *cp*, huevecillos; *e*, endospermo; *ei*, oosfera fecundada; *eb*, embrión.

La operación puede ser muy breve, ó puede durar bastante tiempo, y el camino recorrido por el tubo polínico depende de la estructura del ovario y varía según ésta.

Cuando el tubo polínico se ha puesto en contacto del óvulo, se

verifica por ósmosis la fusión de los protoplasmas masculino y femenino y comienza una serie de actos que dan lugar á que se forme un embrión, punto de partida del desenvolvimiento que se denomina embriogénico y que trataremos en otro párrafo.

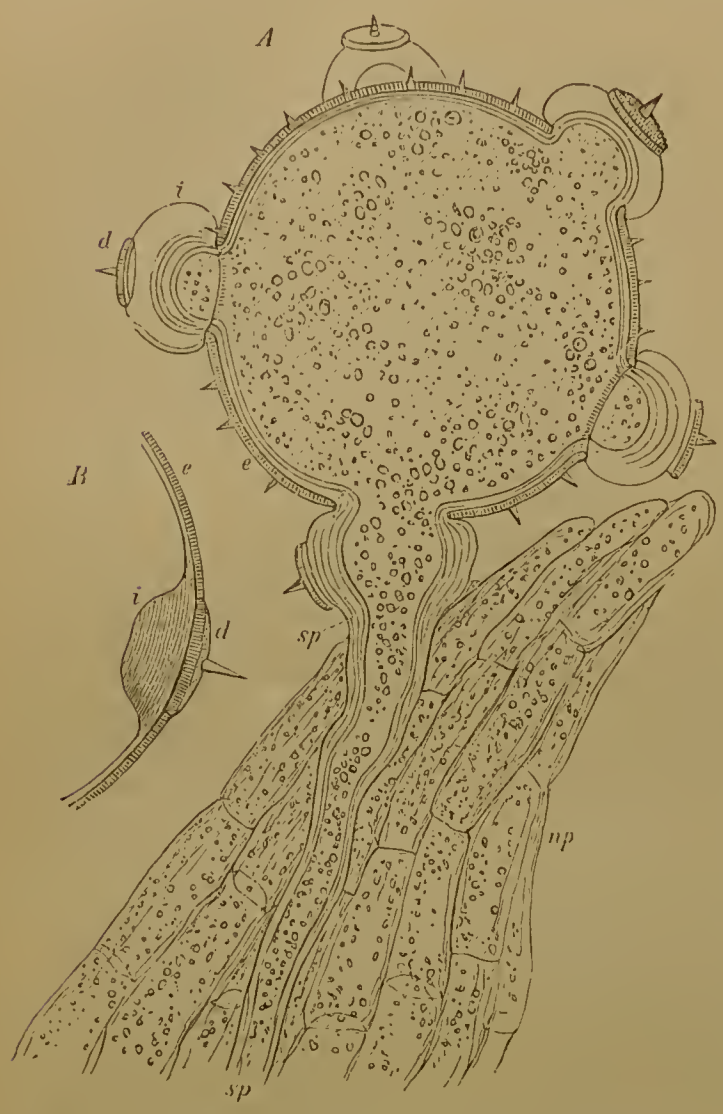


Fig. 126. – Un grano de polen de *Cucurbita pepo* en el acto de la fecundación; *np*, tejido del estigma; *sp*, tubo polínico; *d*, opérculo de celulosa destacado en B; *i*, abultamiento de la intina; *e*, exina.

A la fusión del protoplasma masculino con el femenino siguen acciones que son el complemento de la fecundación. Aludiendo al abeto hemos dicho (pág. 178) que en el huevecillo aparecía un núcleo masculino que se creía era el mismo núcleo del polen primeramente redisuelto, que caminaba aquél hacia el núcleo femenino y fundiéndose ambos se originaba el primer núcleo embrionario. Una cosa parecida sucede en las angiospermas; en el óvulo de éstas, dentro del saco embrionario, superiormente, existen dos elementos protoplásmicos llamados *sinergidas*, y bajo ellos otro que se reconoce por el nombre de *oosfera;* éste es el verdadero elemento femenino, el que contiene al *núcleo femenino*. En el grano de polen el núcleo está redisuelto, el carioplasma y las cariosomas diseminadas. Cuando el protoplasma del grano de polen llega al saco embrionario, las cariosomas se concentran y se forma el *núcleo masculino*. Aquel protoplasma invade primero una de las sinergidas y la transforma, invade después la oosfera, y en este momento hace su aparición el núcleo masculino junto al femenino. Entre ambos hay una especie de atracción que les obliga á fusionarse; de la fusión resulta el *pronúcleo embrionario*.

La manifestación externa fundamental de la fecundación es el acto de unirse el tubo polínico al óvulo; el acto interno, en que reside realmente la función substancial, es la conjugación de los dos núcleos para formar el pronúcleo embrionario.

Estos hechos, demostrados en las plantas con repetidos ejemplos, tienen tantos puntos de contacto con la marcha de la fecundación en los animales, que no puedo menos de indicar cómo ésta se opera, para que una vez más resalte la unidad biológica y se agregue una prueba nueva á las numerosas anotadas en pro del monismo fisiológico.

La fecundación en los animales sexuados tiene lugar entre un elemento masculino, generalmente activo, muy móvil, que se denomina espermatozoo, y otro elemento pasivo, femenino, el óvulo. En mi libro de Zoología ya hice notar (pág. 150) que la fecundación era idéntica en todos los seres orgánicos. «En su esencia – decía, – se verifica del mismo modo en los vegetales que en los animales; la Botánica nos comprueba esta afirmación, describiéndonos cómo fecundan los anterozóideos á las oosferas, cómo se funde la fovila con el contenido de la célula embrionaria.»

En el óvulo de los animales se forma también un *núcleo femenino;* en los espermatozoarios la substancia nuclear está diseminada y al penetrar en el óvulo se concentra, formándose un *núcleo masculino.* Ambos núcleos, de forma radiada, «se trasladan el uno hacia el otro y cuando se tocan las radiaciones, se conjugan y se confunden, formando uno solo, el *pronúcleo embrionario.*» Tal sucede en los animales, según observaciones de Hertwig, de Fol y de otros zoólogos.

Hay en los primeros pasos de todas las organizaciones, sea cualquiera el camino que en su desenvolvimiento sigan, unidad casi absoluta, que prueba la comunidad de origen; primer hecho que la Ontogenia sienta como fundamental é inconcuso.

El punto de partida de todos los vegetales sexuados es la fecundación, que produce una primera célula embrionaria; la primera manifestación del ser es, por tanto, el elemento histológico fundamental, la célula. Queda afirmada en los hechos la base de la doctrina orgánica celular.

II. – EMBRIOGENIA

Generalidades. – No es tan fácil reducir á términos generales el desenvolvimiento embriogénico de las plantas como lo es el de los animales, y sin embargo en éstos hay una mayor variación de grupo á grupo. Es la organización animal más fija; puede en ella la herencia mucho más que en los vegetales; en cambio, éstos obedecen con prontitud mayor á las variaciones del medio.

La embriogenia en Zoología divide los seres á que se refiere en tres grupos: protozoos, mesozoos y metazoos. En la Botánica la diferenciación celular embrionaria permite hacer división idéntica, y así, autores hay que establecen tres grandes tipos botánicos: el de los *protofitos*, el de los *mesofitos* y el de los *metafitos*.

Podemos admitir que en las plantas superiores se forman tejidos epidérmicos, mesodérmicos y endodérmicos; los primeros son *epitelios*, los dos últimos son *apotelios*, siguiendo la clasificación de Hæckel, que hemos aceptado (pág. 114). En esto se puede ver alguna semejanza con lo que ocurre en los animales con las tres clases de órganos formados á favor de las hojas embrionarias, que son en igual número.

La persistencia de esta disposición en tres series de capas es manifiesta en los vegetales superiores; los meristemos se dividen en las zonas que llevan los nombres de *dermatógeno*, *periblema* y *pleroma*, que son equivalentes al *ectoderma*, *mesoderma* y *endoderma;* las mismas zonas pueden observarse en los embriones.

Un grupo de plantas existe, el de los musgos, que no alcanza la diferenciación en tres zonas; en los tallos de aquellas criptógamas sólo se aperciben dos sistemas de capas, uno central y otro cortical. Del embrión proceden solamente elementos celulares rodeando al eje, formado por un haz rudimentario.

Las talofitas ni siquiera llegan á la diferenciación de los musgos, salvo las superiores, que ya lindan con éstos y se les aproximan algún tanto. El cuerpo de los vegetales más rudimentarios es puramente celular; en ellos puede decirse que todo es epidermis.

Se ve, por lo dicho, que cabe establecer racionalmente la división de las plantas en los tres grupos embriogénicos y que hay

motivo para considerar á las muscíneas como mesofitos, á las talofitas como protofitos y á los demás vegetales como metafitos. Ya en otro lugar (pág. 144), aludiendo al aparato vegetativo de las muscíneas, hemos llegado á la misma deducción.

El desenvolvimiento de los protofitos y mesofitos ha sido ya en parte expuesto al describir la vida del *Agaricus*, del *Fucus* y de la *Funaria*. Por lo mismo que no obedece á un plan determinado y fijo, dada la heterogeneidad de formas que aquellos elementales organismos revisten, nos parece mejor y más oportuno dejar las particularidades del desenvolvimiento para el estudio especial de los grupos.

También hemos hecho alguna indicación acerca de la embriogenia de las abietíneas, familia típica del grupo de las gimnospermas; pero son precisos nuevos detalles para formar idea del desenvolvimiento de estas notables plantas, lazo de unión entre fanerógamas y criptógamas.

De las primeras nos ocuparemos en este capítulo, sin salir del terreno general que es obligado á esta parte de la ciencia; en lo especial sólo podríamos fundar deducciones después de haber estudiado los grupos todos.

Un hecho nos puede ser permitido afirmar aquí, y es el siguiente: *la Ontogenia de las plantas denuncia los lazos que las unen; de tal manera enlaza á los vegetales todos, que es imposible dividirlos en agrupaciones de límites fijos*. Claro que sólo un estudio detallado podrá ser base inquebrantable de esta afirmación; en sus líneas generales ya quedará en este capítulo suficientemente probada; pero aunque así no fuera, no hay que temer que sea desmentida por quien haya estudiado la cuestión.

Los procedimientos variados que las criptógamas siguen al desenvolverse, se enlazan los unos á los otros, ó son accidentes que el medio externo impone; el abismo que se pretendió establecer entre fanerógamas y criptógamas queda salvado por el puente que forman las criptógamas vasculares heterospóreas, de prótalos rudimentarios, y las fanerógamas gimnospermas; de éstas á las angiospermas la transición es insensible. Como conclusión nos es dado decir con Van Tieghem:

«Por una serie no interrumpida de transiciones, se pasa de los

helechos á las criptógamas vasculares heterospóreas, de éstas á las gimnospermas, y por último, de las gimnospermas á las angiospermas.»

Y es precisamente el estudio ontogénico el que ha conducido á tan importante resultado, en el cual influye de un modo especial el conocimiento de la embriogenia de las criptógamas vasculares, plantas que un día se enseñorearon de los continentes antes de aparecer las fanerógamas, que dominan en las floras del tiempo presente.

Desenvolvimiento de las gimnospermas. — En general, el de las fanerógamas todas puede dividirse en dos tiempos: el uno comienza en la fecundación y termina cuando la semilla madura; el segundo se inicia en un medio conveniente que rodea á la semilla y recibe el nombre de germinación; en el tiempo primero se forma el embrión, en el segundo el desarrollo de éste da lugar á que se forme una plantita; el tiempo primero, que pudiéramos llamar propiamente *fase embriogénica*, se realiza en la flor de la planta madre; la *germinación* se verifica en el suelo, fuera del influjo de la planta madre.

Como rodean al embrión tejidos especiales y reservas alimenticias á veces, como en su desenvolvimiento le acompañan otras partes de la flor y á la par de la semilla suele madurar el fruto, la embriogenia tiene, aparte sus actos esenciales, otros que no dejan de tener importancia, aun cuando sean de segundo orden. No es aquí donde interesa precisar tales fenómenos, que varían según las circunstancias de los frutos y se refieren á órganos cuyo estudio ha de hacerse en la parte especial de la obra.

En las gimnospermas se observan variaciones de importancia en el desenvolvimiento embriogénico, según los géneros á que nos refiramos. En general, en las abietíneas y en las cupresíneas, el núcleo del huevecillo desciende á la parte inferior, y por división produce otros cuatro situados en el mismo plano; nuevas divisiones dan lugar á que se originen cuatro filas, de á cuatro células cada una, en una masa denominada *proembrión;* las de la fila superior se alargan para constituir el suspensor del embrión; éste procede solamente de las células inferiores, según ya hemos indicado en la página 178.

Las modificaciones que dentro de estos términos generales se observan, aparecen sumariamente descritas por Van Tieghem del modo siguiente, advirtiendo que este autor reconoce tan sólo la existencia de tres filas celulares: «El piso superior y el medio, producen juntos al suspensor. En las abietíneas, las células del primero quedan cortas y en el mismo lugar, mientras que las del segundo se alargan enormemente, sufren numerosas divisiones transversales y forman un filamento que penetra en la región superior del endosperma y allí se arrolla en todos los sentidos. En las cupresíneas son por el contrario las células del piso superior las que se alargan, mientras que las del medio quedan cortas; unidas al endosperma por el largo suspensor, las cuatro células inferiores producen el embrión. Las más de las veces quedan unidas, y dividiéndose por tabiques transversales, longitudinales y oblicuos, constituyen todas juntas un solo embrión; el tallito de éste se alarga terminándose por una radícula en la parte alta y abajo por dos cotiledones opuestos (ciprés), ó por un gran número de cotiledones verticilados. A veces las cuatro células se separan completamente y aislan de alto abajo los suspensores; cada uno de ellos se divide en seguida en dos tabiques en cruz, produciendo en definitiva un embrión distinto. El huevo da nacimiento entonces á cuatro embriones (pino, enebro).»

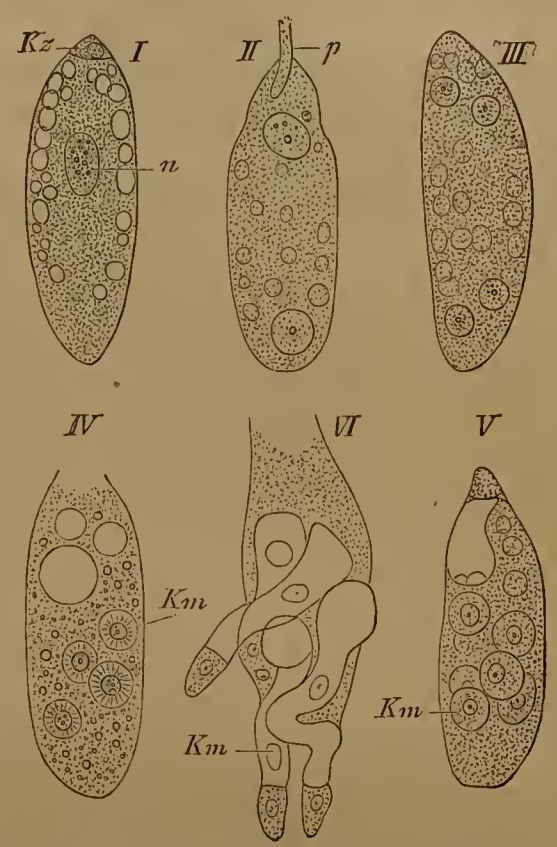


Fig. 127. – Desenvolvimiento del huevo en embrión en la *Ephedra altissima*. I, oosfera antes de la fecundación; II, después de la fecundación por el tubo polínico, *p*; el núcleo está dividido en dos; III, IV y V, formación de ocho células libres; VI, desenvolvimiento de las células en embriones distintos, cada uno con su suspensor.

En las *Araucaria*, los hechos pasan de modo idéntico que en las cupresíneas, pero el piso inferior de células es estéril, y del piso medio nace el cuerpo embrionario. En las gnetáceas, hay géneros en que sólo se forma un embrión y géneros en que se forman hasta ocho (*Ephedra*, fig. 127).

Poco tiempo después de formarse el embrión, sean cualesquiera

las circunstancias que le acompañen, comienza á manifestar los caracteres propios de las plantas gimnospermas.

Obsérvase el hecho importante de que en los géneros de este grupo puede producir el óvulo muchos embriones; sin embargo, ordinariamente sólo uno llega á su completo desarrollo, los demás abortan. La poliembriogenia puede ser debida á existir varios corpúsculos fecundados, y por lo tanto se pueden formar muchos huevecillos; también es posible que cada huevecillo dé nacimiento á muchos embriones. A las gimnospermas se les suele denominar de ordinario por algunos autores *arquispermas*.

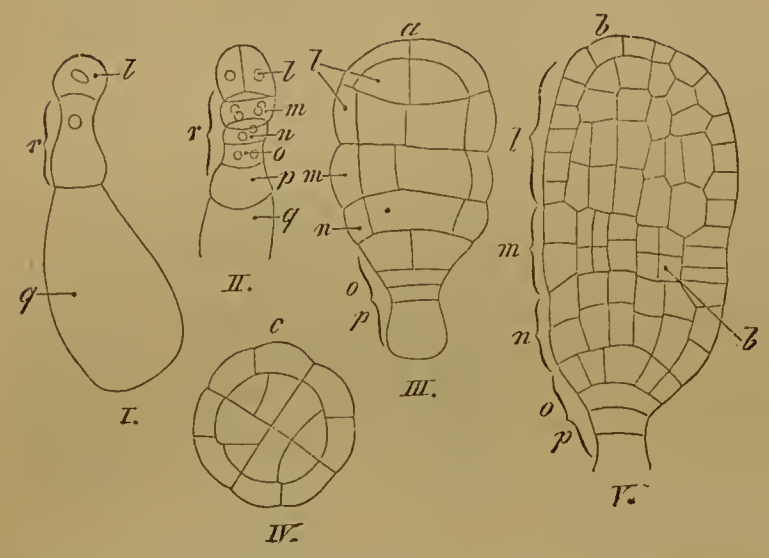


Fig. 128. – Primeras fases del desenvolvimiento embrionario de la *Alisma plantago*, según Famintzin. (La descripción en el texto.)

Desenvolvimiento de las angiospermas. — Por otro nombre se les llama *metaspermas*. Las variaciones que la embriogenia de este grupo puede presentar, se refieren á las dos divisiones que comprende de monocotiledóneas y dicotiledóneas. Como ejemplo de las primeras, indicaremos lo que sucede en el desenvolvimiento embrionario de la *Alisma plantago*, según Famintzin y Hanstein; como tipo de las dicotiledóneas elegiremos la *Capsella bursa-pastoris*, estudiada por el último de aquellos autores. Hay también en las angiospermas poliembriogenia, ofreciéndonos de ello un buen ejemplo el género *Hosta*.

En la *Alisma plantago* el huevecillo aparece en el saco embrionario formando una especie de prominencia que recibe el nombre de *proembrión;* la célula colocada en la extremidad libre de éste da por sí sola nacimiento al verdadero embrión. Para ello comienza por dividirse en dos (fig. 128 *l* y *r*) superpuestas; cada una de éstas se subdivide, la *l* en cuatro por dos tabiques perpendiculares, la *r* en dos, una superior y otra inferior; la célula inferior *p* es la que recibe el nombre de *hipofisis;* nuevas divisiones van formando un

cuerpo celular, según aparece en la figura mencionada (I, II, III y V) y puede notarse por la correspondencia de las letras; la IV representa un corte transverso del embrión en el estado que se indica en III; en I, *r* es la célula originaria del cuerpo embrionario, *l* da origen á los cotiledones.

El cuerpo embrionario multicelular, manifiesta tres clases de células: las superficiales que forman el dermatógeno, las del centro que forman el pleroma y las intermedias entre unas y otras, que constituyen el periblema. Según Hanstein, toda la parte superior (fig. 129 *c)* representa el único cotiledón; la parte *a* de la misma figura es la denominada *hipocotílea;* las células de la masa *h* son derivadas de la hipofisis.

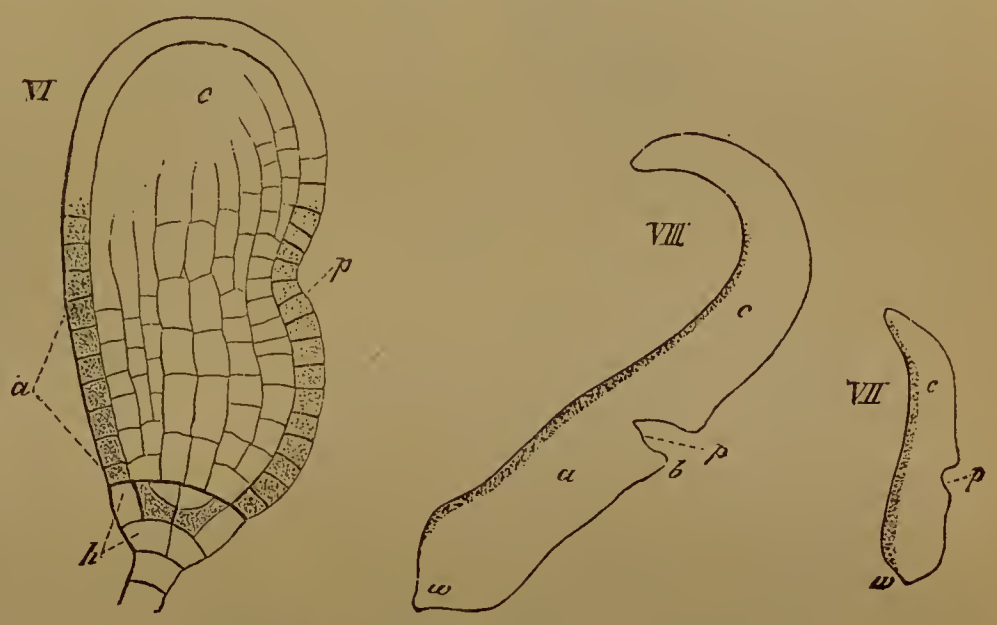


Fig. 129. – Ultimas fases del desenvolvimiento embrionario de la *Alisma plantago*, según Hanstein. *c*, cotiledón; *a*, región hipocotílea; *p*, punto terminal del tallito; *w*, raicilla.

El proembrión de la bolsa de pastor *(Capsella)* se desenvuelve de un modo análogo al de la *Alisma* pero ofreciendo algunas particularidades que anotaremos. La célula terminal (consúltese fig. 130), que se encuentra de ordinario hinchada, se divide bien pronto en dos células y después la superior de éstas en otras cuatro por medio de los tabiques 1 y 2, que están dispuestos en cruz; de estas cuatro células derivan el tallo y los cotiledones. La célula inferior es la que se denomina *hipofisis* y está indicada por la letra *h;* se divide por un tabique transversal; más adelantado el embrión, la hipofisis da lugar á que se formen dos filas de células, representadas en la figura por la letra *h'*, quedando sin modificarse apenas la célula *h*. El cuerpo del embrión, que deriva de la primitiva célula superior, en su desenvolvimiento da lugar á las tres zonas, *dermatógeno*, *periblema* y *pleroma*, y en el ápice se inicia una escotadura *(s)* que produce dos

mamelones *(c)*, que son los cotiledones; el ápice *s*, situado entre ellos, se desenvuelve formando el cono vegetativo del tallo.

El huevecillo comienza á desenvolverse de ordinario apenas se forma; hay casos, sin embargo, en que atraviesa por una fase de reposo que dura algunas semanas (olmo, nogal, haya, castaño, etc.),

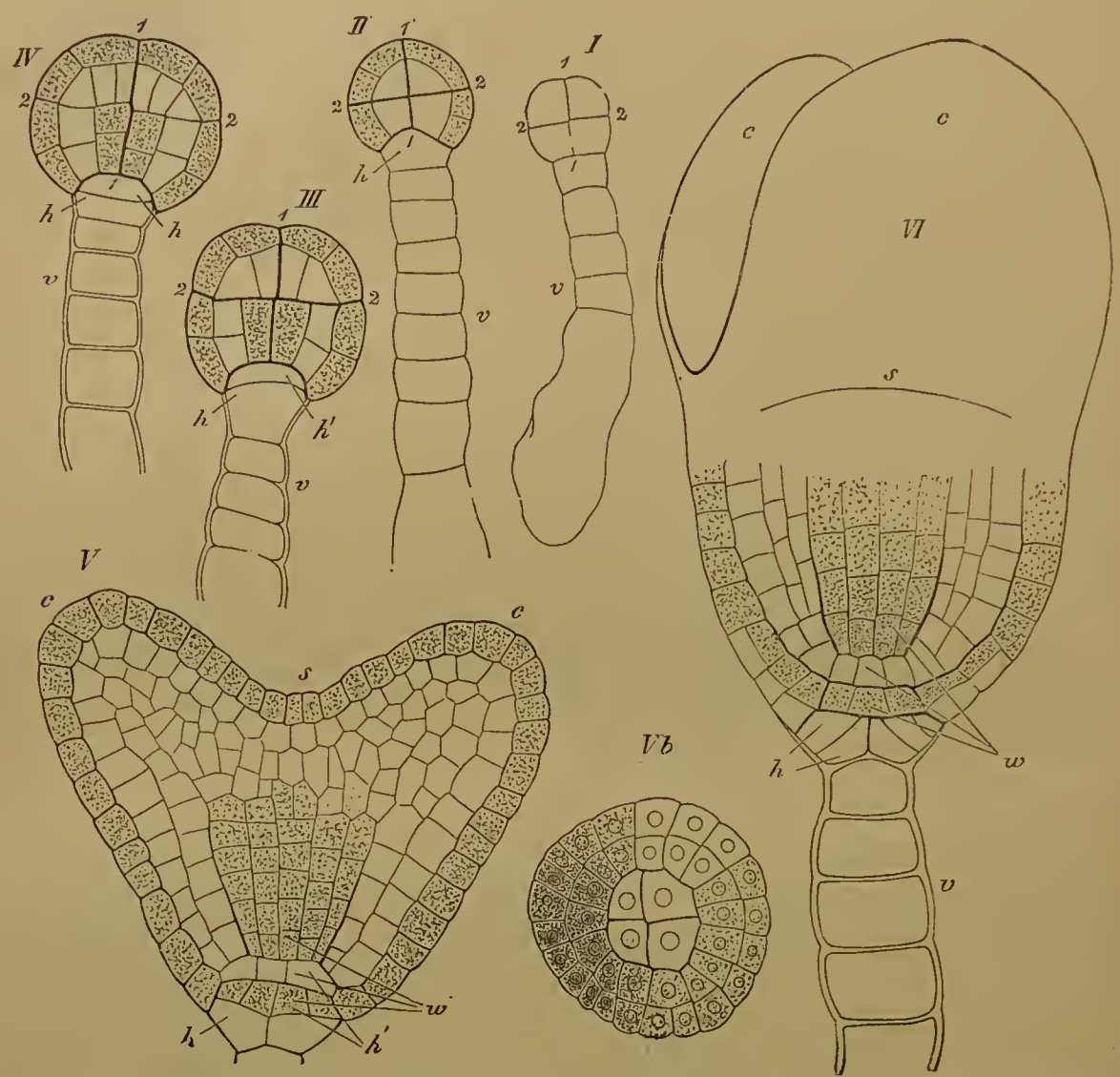


Fig. 130.—Embriogenia de las dicotiledóneas. Desenvolvimiento del embrión en la *Capsella bursa-pastoris*, según Hanstein. I, II, III y IV, fases sucesivas producidas por la segmentación de la célula terminal; 1 y 2, son los primeros tabiques; *v*, el suspensor del proembrión; *h* y *h'*, células derivadas de la hipofisis. V y VI, embrión ya formado con los cotiledones, *c*, el cono vegetativo del tallo *s* y la parte radical *h; Vb*, corte transverso del embrión, representado en *V*.

que á veces llega á cinco ó seis meses (cólchico), y aun en ocasiones tarda en madurar uno ó dos años.

Las células inferiores, que no sufren tan grandes modificaciones como la terminal, constituyen una especie de pedículo del embrión que se denomina suspensor, que fija al embrión desenvuelto en su extremidad y á veces hace el papel de una reserva alimenticia, pues sus células contienen materias albuminóideas, almidón, azúcar, etc.

La célula terminal, denominada *madre del embrión*, es la que se divide primero por tabiques longitudinales y después transversales y oblicuos; en ella se forma el cuerpo del embrión, llamado *tallito*, los *cotiledones*, que ya hemos mencionado, el *cono terminal del tallo* y la *radícula*, situada junto al suspensor y procedente de la célula inferior de la hipofisis, por lo menos en su mayor parte.

En su fase definitiva, el embrión tiene diferente tamaño según las plantas, y consta del tallito, la radícula y uno ó dos cotiledones, según el vegetal sea mono ó dicotiledóneo. El cono terminal se desenvuelve á veces y es capaz de producir diferentes hojuelas, que aplicadas las unas contra las otras, constituyen una verdadera *yemecilla* (gramíneas, judía, haba, almendro, etc.); también hay casos en que la raíz terminal produce raicillas laterales.

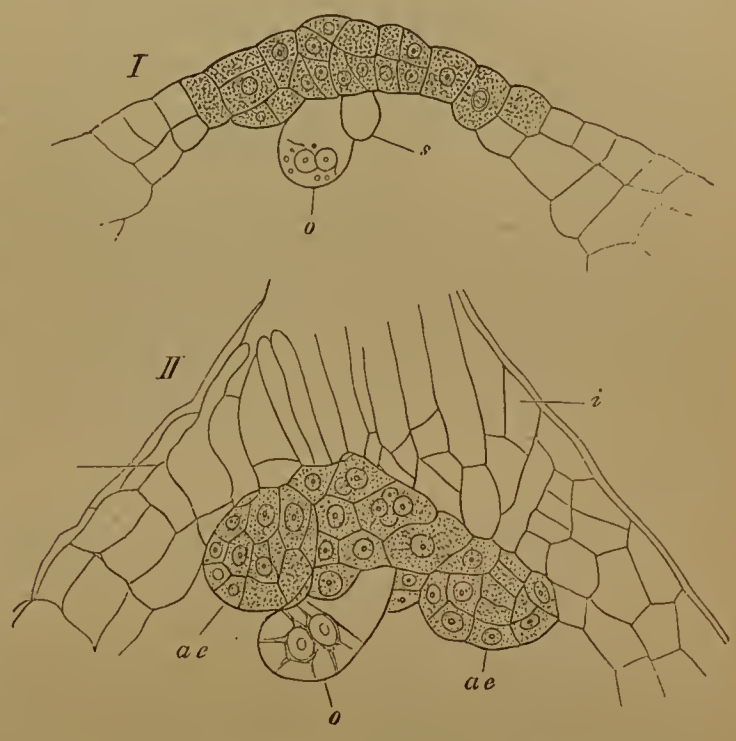


Fig. 131. – Producción de embriones adventicios en la *Hosta cœrulea* Andr. I, principio de la división en las células epidérmicas; *s*, sinergida; *o*, huevecillo; II, desenvolvimiento de los embriones adventicios; *o*, embrión normal; *ae*, embriones adventicios; *i*, tegumento del saco embrionario.

Interiormente, el tallito continúa diferenciándose algún tanto sin llegar nunca al estado definitivo. En esto hay muchas variaciones en las fanerógamas, puesto que mientras en unas el embrión se detiene en una fase muy rudimentaria, como, por ejemplo, en las orquídeas, en la *Cuscuta*, etc., hay plantas (nogal, *Viscum)* cuyo embrión, muy grueso, contiene hasta vasos en la región leñosa y tubos cribosos en la liberiana.

Hay relación determinada entre la posición de los embriones y el tegumento del óvulo, entre la planta nueva y la planta madre. En su desenvolvimiento normal, guarda el embrión una orientación fija que se determina por las dos condiciones siguientes (Van Tieghem): primera, la línea de simetría del tallo y de la raíz coincide con el eje del saco embrionario y resulta contenida en el plano de simetría del óvulo, dirigiéndose el polo de la yemecilla hacia el

limbo del foliolo ovular y su polo radicular en sentido opuesto; segunda, si se llama plano medio del embrión al medio común de sus dos primeras hojas, ó al plano medio de la hoja primera, éste unas veces coincide con el de simetría del óvulo (monocotiledóneas, umbelíferas, labiadas, cariofileas, etc.), otras veces es perpendicular (rosáceas, leguminosas, cucurbitáceas, cupulíferas). Ambos casos pueden hallarse en una misma familia (crucíferas), ó en un mismo género *(Polygonum)*.

No todos los embriones tienen suspensor; los hay sin este órgano, procedentes de la totalidad del óvulo, cuyas dos células se segmentan de la misma manera y contribuyen de un modo análogo á la formación del cuerpo embrionario (mimóseas, algunas orquídeas, etc.). Hay casos también en los que tarda en formarse el pedículo del embrión y sólo aparece después de producirse un proembrión homogéneo, en que todavía no están diferenciados el suspensor y el embrión *(Cytisus* y algunas otras leguminosas análogas).

Hemos dicho al comienzo de este párrafo que podían ofrecer las angiospermas el fenómeno de la producción de muchos embriones y que este caso le ofrecía el género *Hosta* (fig. 131). Después de la fecundación, determinadas células epidérmicas del saco embrionario aumentan de tamaño, se dividen por tabiques oblicuos y forman embriones adventicios rodeando al embrión normal. De un modo idéntico tiene lugar el hecho en el bonetero, en el *Nothoscordum fragrans*, etc.

Puede también darse el caso de que se produzcan dos óvulos; aunque accidentalmente, esto se ha observado en algunas orquídeas, y de un modo regular en el género *Santalum*. En ciertas mimosas, la *poliembrionía* resulta por fecundarse además del huevecillo una de las sinergidas ó las dos.

Una planta que se hizo célebre porque los individuos que en Europa viven sólo producen pies femeninos, caso idéntico al de la partenogénesis de los pulgones, la *Cælebogyne* (Alchornea) *ilicifolia*, euforbiácea de Australia, presenta la particularidad de no producir sino embriones adventicios, pues no verificándose la fecundación, la oosfera y las sinergidas se reabsorben y las semillas sólo producen individuos idénticos al primitivo. El fenómeno está

representado en la figura 132, y es muy análogo al de poliembrionía del género *Hosta.*

Una vez formado el embrión, el protoplasma y el núcleo del saco embrionario sufren modificaciones que dan lugar á la formación de un tejido especial que se denomina *albumen.* El fenómeno ocurre de modo distinto cuando el saco embrionario es ancho, caso

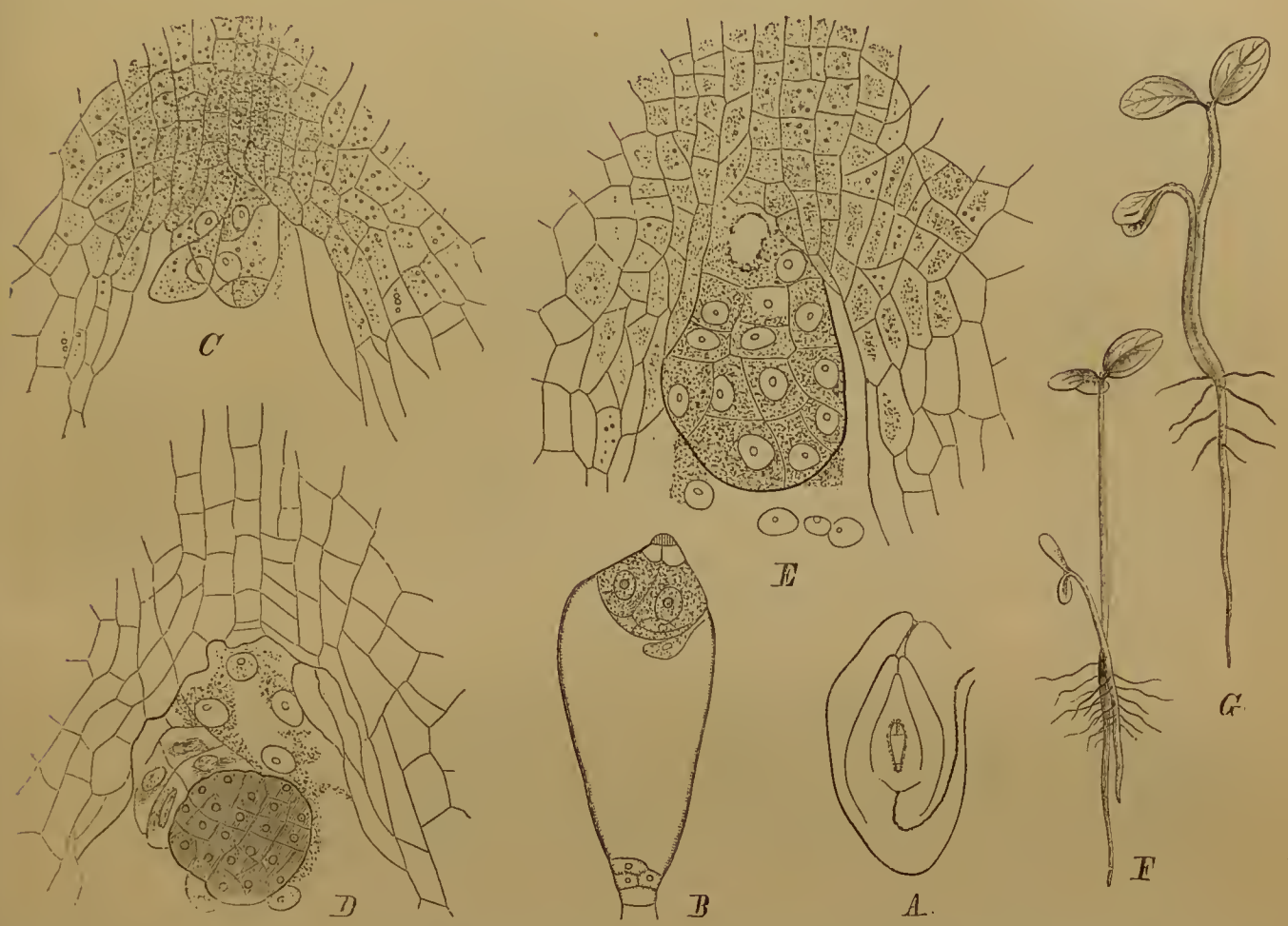


Fig. 132. – Producción de embriones adventicios en la *Alchornea* (Cælebogyne) *ilicifolia. A*, corte de la semilla; *B*, saco embrionario; *C*, *D*, *E*, producción de los embriones adventicios; *F*, *G*, jóvenes plantitas.

el más frecuente, que cuando es alargado y tubiforme; pero la división ésta ofrece escasa importancia, puesto que en familias muy próximas se encuentran ambos procedimientos. La figura 133 muestra la manera como se forma el albumen en el *Myosurus minimus;* el núcleo del saco embrionario se divide, produciendo núcleos numerosos que se disponen á distancias iguales en la capa parietal del protoplasma. Esta, por tabiques simultáneos, produce numerosas células poligonales que crecen hacia el interior, rellenan el saco embrionario y el embrión aparece en un magma de tejido celular. Hay casos en que no se forman tabiques y el saco embrionario es

una inmensa célula con numerosos núcleos (judía, capuchina, etc.). Ocurre también que no llena por completo el albumen la cavidad del saco y entonces queda un espacio vacío central que en el coco, por ejemplo, se llena de un líquido albuminoso (leche de coco); lo mismo ocurre en muchas leguminosas y en diferentes otras plantas de gruesa semilla.

Los tegumentos de la nuececilla, en vez de ser reabsorbidos,

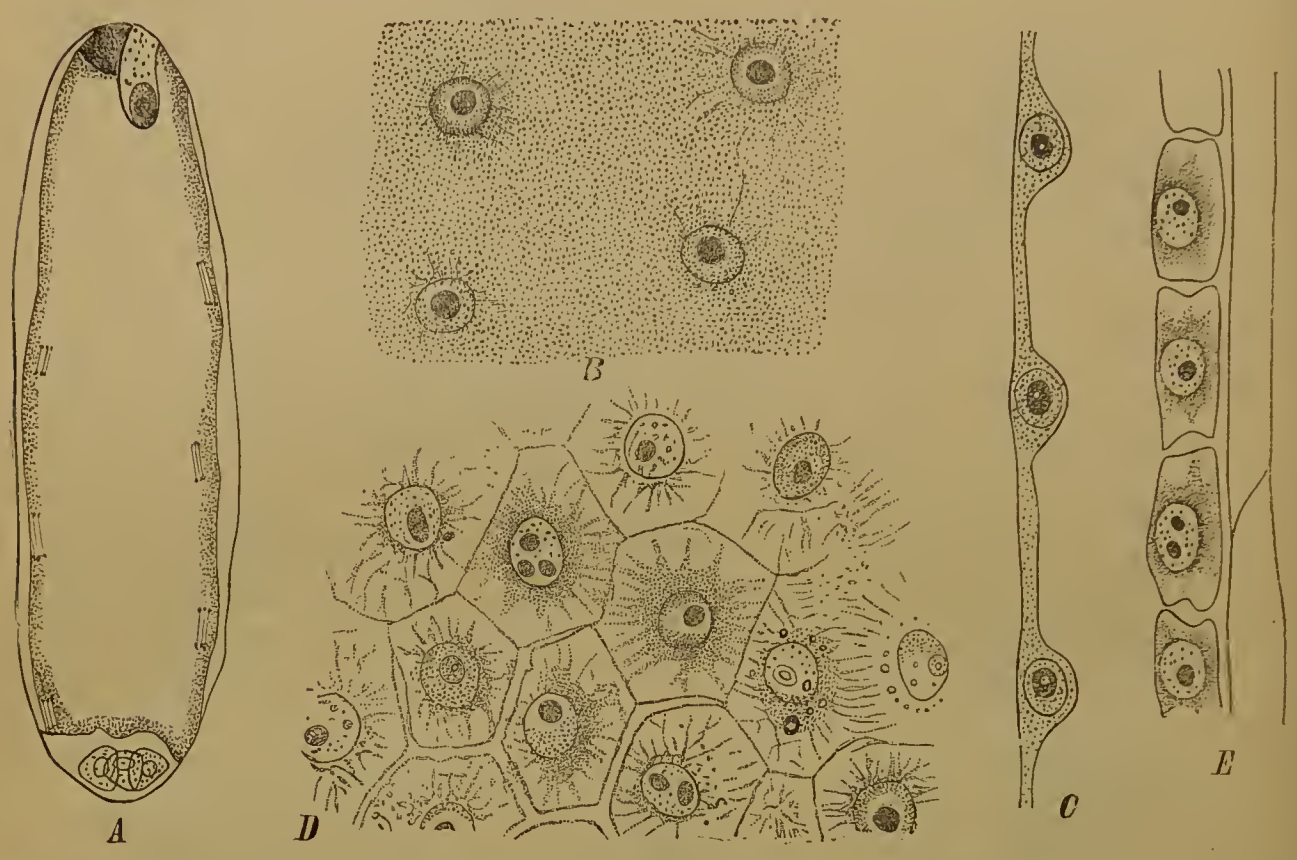


Fig. 133. – Formación del albumen en el saco embrionario del *Myosurus minimus*. *A*, bipartición de núcleos en la capa parietal; *B*, núcleos múltiples en la capa parietal vista de frente; *C*, los mismos vistos en sección longitudinal; *D*, formación de membranas que separan las células del albumen; *E*, la misma en sección longitudinal.

como ordinariamente ocurre, persisten en algunas semillas formando una reserva de materiales nutritivos que envuelve al albumen y constituye una tercera parte, que se denomina *perispermo*. Así, la almendra de la semilla puede estar formada sólo de una parte, la substancial, el embrión; puede tener dos partes, embrión y albumen, ó tres, que se denominan: *embrión*, *endospermo* y *perispermo* (fig. 134). Estos dos últimos tejidos desempeñan un papel análogo al del vitelo en la embriogenia de los animales, alimentan al embrión en sus primeras fases; como el vitelo, se segmenta el albumen, produciendo éste un tejido celular lleno de productos, que luego

han de ser objeto de una digestión; como la del vitelo, también la segmentación del albumen puede ser total ó parcial.

Germinación.—Llegada á la madurez, la semilla permanece de ordinario en un estado de vida latente, durante el cual están sus funciones amortiguadas; es necesario que salga de aquel estado merced á un conjunto de circunstancias favorables; cuando éstas la rodean, continúa el desenvolvimiento del embrión hasta dar por resultado una plantita capaz de aprovechar los alimentos del suelo y del aire. Cuando la semilla sale del estado de vida latente, se dice que germina, y el fenómeno se conoce con el nombre de *germinación.*

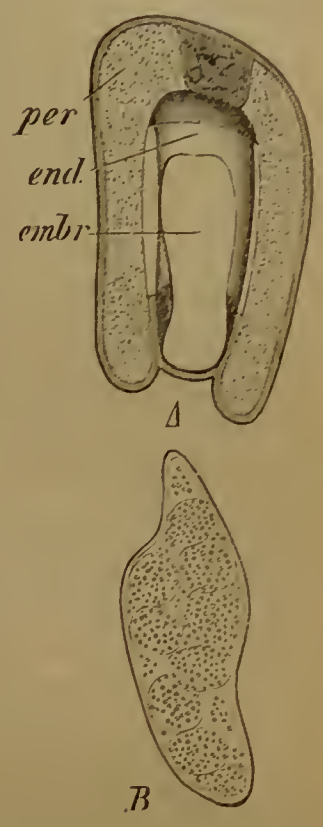


Fig. 134. – Semilla del *Costus especiosus. A*, corte de la semilla mostrando el embrión, el endospermo y el perispermo; *B*, célula del perispermo llena de almidón.

Es conveniente que fijemos las condiciones necesarias para que la germinación tenga lugar, y además examinemos los fenómenos fisiológicos y morfológicos que se suceden hasta la formación de la plantita.

Condiciones necesarias.—Las requiere en primer término la semilla. Esta debe ser entera, bien conformada, con las reservas alimenticias necesarias, sin haber perdido, por modificaciones internas, la facultad germinativa.

Hay en efecto semillas en que no han llegado á completo desarrollo todas las partes y existen espacios interiores llenos de aire; los jardineros siguen un procedimiento muy sencillo para diferenciar las malas de las buenas semillas: las sumergen en el agua y desechan todas las que sobrenadan, puesto que es muy general la pérdida de densidad en las semillas que no están bien conformadas. Esta prueba es muy empírica, pues la densidad puede disminuir por contener el albumen ó el embrión gran cantidad de cuerpos grasos (ricino), ó por existir en los cotiledones grandes espacios aeríferos (*Erythrina*, *Glycina*, etc.), y aun por encerrar los tegumentos una gran cantidad de aire (lirio, pino, etc.).

Es forzoso que la semilla contenga la dosis necesaria de subs-

tancias alimenticias, sin las cuales no podría el embrión desenvolverse. Además dichas reservas han de hallarse en condiciones de ser inmediatamente asimilables.

No coincide esta madurez interna á veces con la madurez exterior de la semilla, ni menos con la del fruto; así, en los cereales, en muchas leguminosas, las semillas verdes germinan, y aunque el desenvolvimiento se opere con alguna lentitud, el resultado es favorable; á veces maduran las semillas indicadas cuando no han llegado todavía á la mitad de su dimensión normal. En el chopo, en el trigo y en otras plantas, apenas separado el grano de la madre, germina; en cambio, en el rosal, la zarza, el albaricoquero, el espino majuelo, etc., transcurren á veces hasta dos años desde que la semilla está en condiciones favorables hasta que germina.

Puede haber adquirido la semilla su madurez y no hallarse en condiciones de germinación por haberla perdido. El tiempo, el medio en que se haya conservado, diferentes otras causas, pueden matar la vida latente y el grano convertirse en estéril. Los que tienen reservas de almidón, de aleurona, azúcar ó albuminoides, son menos alterables, conservan la vida durante largo tiempo. Entre las gramíneas se citan casos de gran longevidad: granos de trigo extraídos de ruinas muy antiguas, que habían permanecido encerrados muchos siglos, germinaron después; á las leguminosas y á las malváceas todavía se les conceptúa más resistentes que á las gramíneas: en las tumbas célticas y galo-romanas se han hallado semillas de mercurial, romero, camamila, heliotropo, etc., que sembradas germinaron después; se habían conservado sin el acceso del aire y con la constancia de la temperatura á cierta profundidad. Es sabido que los romanos conservaban los cereales en silos oscuros y profundos, en donde no tenían acceso fácil ni las variaciones de la temperatura externa ni la luz del sol.

Guardan también largo tiempo el poder germinativo las semillas oleaginosas, á no ser que la grasa se oxide; las que contienen esencias resinificables, etc. En cambio, pierden con facilidad el estado de madurez los granos que tienen tegumentos coriáceos, como los de las umbelíferas, el café, etc., á los cuales basta desecar para que mueran. Priva de la facultad de germinar la maceración en agua dulce, el agua caliente á 50° ó 54°. Estando bien

secas, aunque el frío alcance á -80° no les afecta. El aire seco es capaz de conservar durante una hora al trigo y al maíz á 65° sin perjudicarles, y un cuarto de hora resisten la temperatura de 100°.

Las semillas tienen, pues, una vida latente que pierden en circunstancias variables según los géneros, vida que es forzoso conserven si han de dedicarse á la producción de nuevas plantas, y vida que activan las condiciones del medio, que vamos á indicar.

Tres elementos ha de tomar la semilla del suelo: agua, oxígeno y calor; los dos primeros le son indispensables para completar la alimentación que necesita; el calor debe acompañar al desenvolvimiento del embrión como acompaña á todo acto general de crecimiento.

La temperatura necesaria para que las semillas germinen, varía en cada una; suele admitirse un límite inferior bajo el que el fenómeno no tiene lugar, un límite superior sobre el que tampoco el fenómeno es posible, y entre ambos hay una temperatura la más favorable para un rápido desenvolvimiento, la que debe buscarse en la práctica. Estos límites varían en las diferentes plantas; citaremos los correspondientes á determinadas especies de uso vulgar:

	Límite inferior	Optimum	Límite superior
Mostaza.	0°	27°4	37°2
Berros y lino.. . . .	1°8	21°	28°
Cebada..	5°	28°7	37°7
Trigo.	5°	28°7	42°5
Trébol.	5°7	21°25	28°
Judía y maíz.	9°5	33°7	46°2
Calabaza.	13°7	33°7	46°2
Sésamo.. . . .	13°	25°	45°

La absorción del agua se verifica de modo distinto según las cubiertas que la semilla tiene; las que son delgadas y permeables germinan con facilidad, por el contrario las que se hallan recubiertas de una substancia córnea ó leñosa se valen de procedimientos distintos para absorber el agua; así, las nueces de coco tienen poros; los albaricoques, melocotones, abridores, almendros, etc., se abren en dos valvas. Para favorecer la germinación, los jardineros suelen adelgazar por frotamiento las cubiertas duras de algunas semillas.

Las aves, haciendo pasar por su tubo digestivo determinados granos, con lo cual favorecen la trituración de los alimentos, prestan á la vez un servicio á la semilla, puesto que adelgazando sus cubiertas hacen más fácil la germinación.

La cantidad de agua tiene también un límite que varía en las diferentes especies, puesto que mientras el vesque germina tan sólo con la humedad atmosférica, las plantas acuáticas se desenvuelven en el barro. En general la humedad excesiva perjudica, puesto que de un lado favorece el desarrollo de hongos parásitos y de otro motiva una exósmosis excesiva.

El oxígeno atmosférico, en su presión normal de $^1/_5$ de atmósfera, se halla en las condiciones más favorables; cuando desciende á $^1/_{10}$ impide el fenómeno; cuando llega á siete atmósferas le imposibilita igualmente. Cuando en el aire hay gases ó vapores extraños, pueden favorecer ó perjudicar la germinación.

Las radiaciones luminosas no se conceptúan necesarias para la germinación; son las poco refrangibles, las térmicas, las indispensables. En general la obscuridad es favorable, y por esto las semillas se entierran, si bien no á gran profundidad, puesto que ésta pudiera ser perjudicial al desenvolvimiento de la plantita.

El suelo, por sus condiciones físicas, por su mayor ó menor permeabilidad, puede ser nocivo ó ventajoso á la germinación.

Fenómenos morfológicos – Rodeada la semilla de las circunstancias antes indicadas, absorbe el agua y aumenta de volumen rompiendo los tegumentos exteriores por el sitio en que se halla situado el micropilo. El embrión, en el que, según hemos visto, se hallan bosquejados los diferentes miembros del vegetal, sufre en seguida modificaciones en su forma por el crecimiento y diferenciación de los meristemos que le constituyen.

Se desenvuelve en primer término la radícula, que sale muy pronto fuera, encorvándose hacia la parte inferior en virtud de su geotropismo positivo; crece en sentido longitudinal y se convierte en la raíz principal de la planta nueva.

Cuando la raíz tiene ya cierta longitud, comienza el crecimiento del tallito, el cual se encorva en sentido opuesto al de aquélla, siguiendo las tendencias del geotropismo negativo; el crecimiento es intercalar y motiva la elevación de la semilla hacia la superficie del

suelo; esta primera parte del tallo, situada bajo la semilla, es el primer entrenudo y recibe el nombre de *tallo hipocotíleo.*

Tras de estos hechos sigue el desenvolvimiento de los cotiledones, que se van separando el uno del otro, rompen más las cubiertas y acaban por hacer que se desprendan y caigan á tierra; creciendo, se convierten en el primer par de hojas (si la planta es dicotiledónea) que coronan la terminación del tallo hipocotíleo.

Cuando el cono terminal del tallo es desnudo, muy pronto se transforma en yemecilla, si ésta aparece ya formada se desenvuelve, prolongándose el tallo por encima de los cotiledones y formándose nuevas hojas. La parte del tallo situada sobre las primeras hojas cotileares se denomina *epicotílea.* En este momento, puede juzgarse á la plantita completa.

El desenvolvimiento del embrión comprende, pues, cuatro tiempos, durante los cuales comienzan su crecimiento la radícula, el tallito, los cotiledones y la yemecilla. En los dos primeros tiempos, cuando existe el albumen, los cotiledones absorben la substancia alimenticia que aquél encierra; la parte que resta se desprende con los tegumentos en el tercer tiempo.

No siempre ocurren las cosas del modo reseñado; puede desenvolverse el embrión en menos tiempos. A veces no crece el tallito, los cotiledones siguen á la raicilla en su desenvolvimiento y forman al aire libre, hojas verdes; se suprime en este caso el segundo de los tiempos. Pueden faltar éste y el tiempo tercero, pasando directamente de la aparición de la raicilla al desarrollo de la yema terminal.

Los dos procedimientos extremos son designados por nombres distintos: se llama desenvolvimiento *epigeo* cuando los cotiledones se abren al aire libre: hay entonces tallo hipocotíleo; es el desenvolvimiento *hipogeo* si los cotiledones quedan bajo la tierra por no desenvolverse el tallito y no existir la parte hipocotílea.

La germinación es epigea en la generalidad de las coníferas y en muchas dicotiledóneas (crucíferas, cucurbitáceas, euforbiáceas, convolvuláceas, etc.). Es hipogea en casi todas las monocotiledóneas, en las cicadeas, en alguna conífera y en no pocas dicotiledóneas.

La germinación comienza unas veces muy pronto, tarda en

otras plantas muchísimo; una semilla de sauce germina en un día, un guisante ó un grano de trigo necesitan tres ó cuatro; una bellota ocho ó diez, el pino y el abeto emplean dos ó tres semanas y el dátil tarda cuatro ó cinco meses.

Fenómenos fisiológicos. — Mientras tienen lugar los fenómenos morfológicos antes reseñados, el embrión vive, y se cumplen en él, por tanto, las múltiples funciones que la vida entraña. Esto da lugar á fenómenos químicos interiores y externos que se traducen en la respiración de los tejidos y en la digestión de determinadas substancias. El funcionalismo del embrión no es cosa distinta de la fisiología que en artículos anteriores hemos delineado.

Desde luego, cuando la germinación comienza, respiran los tejidos con una intensidad superior á la ordinaria; el volumen de oxígeno absorbido es mayor que el volumen de ácido carbónico exhalado. La actividad respiratoria es causa de una producción tal de calor que fácilmente se demuestra, porque una parte irradia al medio externo. La combustión es necesaria; ella proporciona la gran cantidad de fuerza que el embrión necesita para desenvolverse.

La transpiración es también fenómeno demostrado, y asimismo lo es la pérdida del peso; para cerciorarse de esto, basta hacer germinar un peso conocido de semillas bajo una campana, sobre el mercurio.

El embrión se nutre, y como carece de clorofila en un principio, tiene que operarse la digestión de los principios alimenticios contenidos en los cotiledones ó en el albumen. Según procedan de uno ó de otro lado, la digestión será interna ó externa, y tendrá lugar dentro de los principios que en el capítulo respectivo hemos indicado. Se produce la amilasa que ataca á los granos de almidón, los corroe, los disuelve, y motiva la producción de dextrina y de maltosa; éstas son á la vez transformadas en glucosa. Lo mismo puede verificarse la digestión de las glucósidas ó de las sacarosas; resulta en todos los casos, como producto final, una glucosa que puede fácilmente caminar de célula en célula, acudiendo á aquellos puntos en donde la labor del protoplasma exija su presencia.

En esta digestión interna, que tiene lugar cuando todas las reservas se hallan encerradas en el embrión, puede darse el caso de que los productos que éste contenga sean grasas neutras y han de

sufrir la acción de la saponasa, que las desdobla en glicerina y ácidos grasos; la primera se asimila directamente, los segundos sufren una serie de oxidaciones hasta convertirse en almidón.

Las reservas albuminóideas se encuentran en presencia de pepsinas, que las transforman en peptonas, quienes á su vez se desdoblan de nuevo, produciendo en último resultado las diversas amidas ya indicadas repetidas veces. Es la asparagina la producida con más frecuencia en los embriones, sobre todo si contienen en escasa proporción los hidratos de carbono. Cuando la clorofila se forma y la síntesis de estos hidratos tiene lugar, las amidas desaparecen, contribuyendo á formar el protoplasma de las nuevas células.

Según Van Tieghem, puede compararse la producción de la asparagina en tales condiciones á la de la urea en los animales.

La digestión es externa si las reservas alimenticias no están en los cotiledones, sino en el perispermo; los actos digestivos han de operarse en éste, y el embrión se limita á absorber los productos elaborados; esta absorción tiene lugar por la epidermis de la cara inferior de los cotiledones, que descansa inmediatamente sobre el albumen.

Pero si éste es córneo ó tan amiláceo que sus células puedan juzgarse pasivas, no podrían los actos digestivos realizarse sin que los fermentos se produjeran, y tal producción sólo es posible en el cuerpo embrionario. En efecto, los cotiledones son los productores de la amilasa, la saponasa, la pepsina, etc., que penetrando en el albumen le hacen entrar en movimiento, en una activa labor química cuyo resultado es el que se formen materiales digestivos, solubles, absorbidos después por el embrión. La acción digestivà es muy enérgica en estos casos; delicados embriones son capaces de transformar membranas córneas que los animales no pueden digerir.

El crecimiento de los tejidos primitivos en la futura plantita es un caso simple de división celular; crecen como meristemos que son, y los nuevos elementos histológicos se van sucesivamente diferenciando hasta hallarse cada cual en su posición desempeñando la función que le está encomendada.

III. – METAMORFOSIS

En las criptógamas. – De cómo la plantita resultante de la germinación de las esporas ó de las oosferas se convierte en una planta adulta, poco tenemos que indicar. Obsérvase, en las criptógamas vasculares por ejemplo, que el desenvolvimiento del huevo hasta la planta adulta es continuo, no hay el intermedio de vida latente que se observa en las fanerógamas y está motivado por la existencia de la semilla. La continuidad se halla compensada por el período de desenvolvimiento de las esporas antes de formarse el huevecillo, período que en las fanerógamas no existe.

Las metamorfosis que criptógamas vasculares y muscíneas sufren hasta que la pequeña planta derivada del huevecillo llega al estado adulto, se reducen al crecimiento y sucesiva aparición de los órganos. Fenómenos más notables de metamorfosis tienen lugar en las criptógamas del grupo de los hongos.

Las metamorfosis de los organismos suelen ser consecuencia de una de tres causas: de la reproducción, de un desenvolvimiento embriogénico externo ó del parasitismo; ejemplos de ello pudiéramos citar lo mismo respecto á los animales que á los vegetales.

Las metamorfosis pueden ser causa de polimorfismo, representando cada forma una fase del desarrollo. Cuando el caso se refiere á plantas parásitas de otras ó de los animales, la metamorfosis motiva á veces una verdadera emigración, pues antes de adquirir el parásito su definitiva forma, vive sobre especies diferentes convenientemente elegidas.

Ocurren casos análogos en la Botánica que en la Zoología, aunque con menos extensión en aquélla que en ésta, ofreciendo las emigraciones las plantas que tienen más puntos de contacto con los animales inferiores. Los parásitos vegetales, si no con la extensión que los gusanos (solitaria, triquina, etc.), ofrecen emigraciones y un polimorfismo que obedece á las mismas causas que motiva el de éstos.

Los mixomicetos son buen ejemplo de polimorfismo; ya serán detalladamente descritos en la Botánica especial. En los hongos, las peronosporeas, ustilagíneas, uredíneas, etc., nos ofrecerán nu-

merosos casos; describiremos uno que es bien conocido, el del *cornezuelo de centeno*. Se desenvuelve durante la primavera en el interior de las espigas de las gramíneas, especialmente del centeno, y sobre todo en años ó en localidades húmedas; tiene entonces el aspecto de una substancia viscosa, blanda, con filamentos llenos de conidios; juzgándole como cosa distinta, se describió con el nombre de *Sphacelia segetum*. Cuando la espiga aumenta de tamaño y las cubiertas de las flores adquieren consistencia coriácea, el parásito concentra sus filamentos micelianos, formando un cuerpo endurecido que es el llamado *cornezuelo* en el comercio, tan empleado en Medicina por su acción enérgica sobre las fibras musculares. Juzgándole especie distinta de la *Sphacelia*, dióse al cornezuelo el nombre de *Sclerotium clavus*. Al principio, en éste persiste la forma anterior en una masa blanda, terminal, que luego cae. El *Sclerotium* es un micelio condensado, que si se coloca fresco sobre la tierra húmeda, produce pequeños hongos de forma normal, que se denominaron científicamente *Claviceps purpurea*. En la Naturaleza el *Sclerotium*, desecado, pasa el invierno en una especie de vida latente, insensible á los cambios exteriores, y cuando con la primavera vuelve el calor, la humedad de la tierra determina su última evolución.

El de *Claviceps* es el verdadero nombre de este hongo; la *Sphacelia* y el *Sclerotium* son formas diferentes de una misma especie, no géneros distintos, como antes se les creía.

Si se estudiaran detenidamente, á conciencia, las especies de hongos parásitos, es casi seguro que el número de las aceptadas se reduciría de un modo considerable.

El polimorfismo puede no ser debido al parasitismo, reconociendo como causa las variaciones del medio. Ejemplo de esto hallamos en el grupo de las algas, al cual pertenece el *Botrydium granulatum*, que puede hallarse alternativamente sumergido ó extendido por la superficie del lodo; tiene diferente forma en el uno que en el otro caso y la producción de las esporas móviles se verifica en parte distinta, ya subterráneamente, ya fuera del suelo.

Casos en que los cambios de medio motivan el cambio de forma, se presentan también en los hongos. Ninguno más notable que el ofrecido por la *Phytophthora infestans*, la peronosporea que

produce el mal de las patatas. El modo de germinar de este hongo depende de las condiciones externas; en el aire húmedo la espora produce directamente un filamento, en el agua da lugar á que se forme un zoosporangio. En la patata atacada se producen exteriormente arborizaciones cargadas de esporas; de éstas proceden los tubos germinativos, que extienden la infección. Si alguna espora cae en una gota de agua, produce zoosporas con cirros vibrátiles, que asemejan por su aspecto y movimientos á los infusorios; cuando el agua desaparece y las zoosporas quedan en seco, se rodean de un quiste celulósico, se fijan y producen un filamento miceliano.

No basta á determinados vegetales inferiores vivir parásitos sobre una sola especie para desenvolver su ciclo vital, sino que durante su vida cambian de planta y en cada una de las víctimas que eligen presentan forma distinta. Aquí las metamorfosis, el polimorfismo, se hallan unidos á la emigración, como sucede á los melóideos, que se desarrollan primero en las flores y después en los panales de las abejas, valiéndose de éstas para trasladarse del primer punto al segundo; como sucede también á muchos pulgones y á los gusanos intestinales.

Un ejemplo de esta emigración, que debe citarse con preferencia, porque descubierto por el vulgo y combatido en un principio por los botánicos ha sido después comprobado por éstos, es el que ofrece el hongo productor de la enfermedad llamada en España *roya* ó *herrumbre* de las gramíneas.

Produce la roya una especie que fué denominada *Puccinia graminis*. Los labradores observaron ya hace mucho tiempo que el parásito del *agracejo (Berberis vulgaris)* era causa de que se produjera la roya del trigo. De Candolle y otros botánicos combatieron esta opinión, que juzgaban uno de tantos prejuicios del vulgo. Sin embargo, el hecho es cierto; se trata de un hongo que emigra de una planta á otra y toma formas diversas que se han creído hongos de géneros distintos.

Nuestro ilustre botánico don Máximo Laguna fué uno de los primeros que comprobaron la opinión vulgar, oponiéndose á la del célebre autor del *Prodromus*. Hizo, para formular su juicio, concienzudas observaciones previas.

Según el Sr. Laguna, la roya ó herrumbre de las gramíneas apa-

rece primero en las hojas de estas plantas, rompiendo la epidermis y presentando sus microscópicas esporas rojizas y unicelulares en la forma y con los caracteres que corresponden al género *Uredo;* en tal estado permanece todo el verano; al fin de éste aquellas esporas producen otras bicelulares, que parecen corresponder al género *Puccinia;* por último, de éstas, las que logran caer sobre las hojas del arlo ó agracejo motivan una tercera forma, que es la clasificada como del género *Æcidium;* las esporas de esta última, al caer en las hojas de los cereales, vuelven á comenzar el ciclo de la emigración descrita.

Es un caso éste de *hipermetamorfosis* ó de *heteroecia*, como se

Fig. 135. – *Podisoma sabinæ:* basidios, esterigmas y esporas.

Fig. 136. — *Rœstelia cancellata* en la cara inferior de un fragmento de hoja de peral.

Fig. 137. – *Rœstelia cancellata:* receptáculo aislado.

le suele llamar en la Botánica, que le ofrecen muchos otros hongos de la familia de las uredíneas, haciéndose con este motivo peligrosa para ciertos cultivos la vecindad de plantas determinadas. En las sabinas y enebros *(Juniperus)* vive la *Podisoma sabinæ* (fig. 135), que después produce á la *Rœstelia cancellata* (figs. 136 y 137), la roya de los perales. Todas las *Podisoma* son heteroicas, pasan la primavera y el verano sobre las hojas de diversas pomáceas y el invierno sobre las ramas de las coníferas.

El *Uromyces Pisi* vive en primavera sobre las *Euphorbia* (lechetreznas) y en el verano y otoño sobre los guisantes ó bisaltos y otras leguminosas del grupo de las vicieas. La *Puccinia straminis* pasa la primavera en diversas borragíneas y en el verano produce la roya en las gramíneas. La *Puccinia coronata* en la primavera es parásita del *Rhamnus frangula* y en el verano de la avena; y así sucesi-

vamente podríamos citar casos numerosos comprobando la emigración de estos hongos, causa de un polimorfismo importante que ha dado lugar á errores científicos durante mucho tiempo aceptados.

En las fanerógamas. – Desde que la plantita comienza á desarrollarse saliendo del período embrionario, hasta que llega al estado adulto y produce flores y frutos, media un tiempo durante el que la planta sufre modificaciones, cambios, metamorfosis, que ya no corresponden á la embriogenia pero son parte de la ontogenia.

La duración de este período metamórfico es muy variable; mientras unas especies florecen apenas nacidas, á las pocas semanas ó meses de su germinación, otras tardan muchos años. Las amapolas dan flor muy pronto; las zanahorias y remolachas tardan dos años; el pino no florece sino á los quince años, el abeto falso á los cuarenta y el abeto común á los cincuenta.

Van Tieghem admite dos clases distintas de desenvolvimiento: el que llama *asociado* y el *disociado*. Siguen el primero aquellas plantas fanerógamas cuyo embrión produce una plantita que crece en todas sus partes y llega á producir fruto sin más interrupciones en la vegetación que las que imponen las estaciones del año. Pero hay plantas cuyo embrión no produce directamente el pie vegetal en el que han de aparecer las flores, sino que el año primero desenvuelve una planta que perece, quedando de ella una parte suficiente para reproducir el todo en el año siguiente, y en este segundo pie es donde aparecen los órganos sexuales, pudiendo en vez de esto repetirse el caso y ser la planta sexuada la del tercer año, ó repetirse las etapas anuales muchas veces hasta que aparezca un pie robusto, dotado de condiciones favorables para la reproducción; á este género de desenvolvimiento se le llama *disociado*.

En el uno y en el otro caso se observan modificaciones numerosas, pero son accidentales.

En el desenvolvimiento asociado, el crecimiento y la aparición de los tallos, de las raíces, de las hojas, flores y frutos, puede ofrecer muchas variaciones. La raíz principal y las laterales ramificadas pueden persistir ó puede desaparecer la primera, quedando solamente las segundas, como sucede en las monocotiledóneas y en muchas dicotiledóneas herbáceas.

La disociación se produce de dos modos distintos: ó bien las partes que restan tienen ya raíces adventicias absorbentes y no encierran materiales alimenticios de reserva, ó bien dichas partes antes de separarse encierran en una ú otra región substancias que les sirvan de alimento. El primer caso ocurre en las fresas, *Epilobium*, *Samolus*, etc.; en el segundo los tubérculos pueden depender del tallo, como en la patata, de la raíz *(Ficaria)*, de las hojas (lirios).

El procedimiento de producción de nuevas plantas por disociación, es el aprovechado por el hombre para multiplicar los vegetales que le son útiles. No es la siembra previa para que las semillas germinen el medio más acostumbrado de multiplicación, se emplean también los tubérculos ó los bulbos, á veces los estolones desprendidos de una porción del cuerpo vegetal que sea capaz de reproducir al conjunto.

En la disociación se fundan igualmente el injerto y el acodo.

En el estado adulto, la planta vive un tiempo variable. Las que sólo fructifican una vez se llaman *monocárpicas*, y *policárpicas* las que fructifican muchas veces; las primeras pueden vivir uno, dos ó muchos años y se denominan *anuales* en el primer caso, *bisanuales* en el segundo, *plurianuales* en el tercero.

La muerte, á la que se hallan condenadas las plantas como los seres todos, sobreviene, cuando no es accidental, de un modo tanto más lento cuanta mayor solidez y desarrollo tenga el aparato vegetativo.

En los grandes árboles, después que el protoplasma, base de la vida, desaparece y en el interior de las células sucede la inercia de la muerte á la actividad y al movimiento, el aparato celulósico persiste algún tiempo; el tallo seco se eleva hacia la atmósfera, las ramas se extienden en el aire; el conjunto, desprovisto de hojas y de epidermis verde, es un cadáver en pie, la vivienda, el esqueleto de una materia viva que se ha transformado. En los bosques vírgenes, donde la mano del hombre no ha intervenido, en medio de los árboles vigorosos, llenos de vida, se ven los desnudos aparatos de celulosa que un día tuvieron la firmeza y la actividad de los otros y hoy muestran su última forma, la esquelética. Poco á poco se desgajan y desprenden las ramillas, lanzando crujidos tenues que parecen ayes

de agonía; el tallo se convierte en vivero de innumerables animales que le carcomen interiormente, pulverizando el corazón de la madera, y cuando los vientos mecen suavemente las ramas vestidas de hojas, favoreciendo sus funciones, los troncos carcomidos se deshacen, y en el suelo que antes protegió el gigante de las selvas sólo queda un montón de astillas y de polvo, que más tarde será convertido por las plantas herbáceas en substancia asimilable, en materia viva. Esta es la ley de la Naturaleza.

FILOGENIA

CAPÍTULO NOVENO

EVOLUCIÓN DE LOS VEGETALES Á TRAVÉS DEL TIEMPO

Generalidades. – Para formar idea del mundo vegetal no basta estudiar las plantas en detalle, examinar cómo se hallan organizadas, de qué modo funciona su organismo y cómo se desenvuelven; es preciso tomar puntos de vista sintéticos, abarcar el conjunto, para que de este modo pueda verse como en la Naturaleza se enlazan los seres todos, de qué manera se suceden en el tiempo las formas, eslabonando las de hoy con las de ayer y las de mañana, cuál es la causa de esa variedad que tanto relieve tiene en los vegetales.

Los estudios histológicos, morfológicos, anatómicos y fisiológicos, aun cuando en ellos pueden hacerse grandes generalizaciones y en los hechos resalte la unidad del plan vegetativo, tienen un sello marcadamente analítico. La síntesis se impone algo más en la Ontogenia, y sobre todo en esta parte se manifiesta mejor la relación entre los vegetales por lo que á la génesis se refiere, el encadenamiento de las formas todas. Es que en la Ontogenia se ve con claridad el influjo de la herencia, y la herencia propaga lo que el tiempo consolidó; cuanto con más eficacia obra, mejor denuncia la unidad fundamental; en los caracteres más antiguos, que revela, siquiera fugazmente, la embriología, puede hallarse el abolengo lejano de las formas actuales.

La Filogenia es de los estudios sintéticos el más trascendental; así como la Ontogenia pone ante el observador el desenvolvimiento de un ser, la Filogenia ha de manifestarle el proceso de la evolución

orgánica en las formas que han recibido el nombre de vegetales; en este proceso ha de verse la filiación de cada organismo, los antecesores de una forma determinada, las afinidades entre las floras que han ido sucediéndose en la superficie del Globo.

Por ser trascendental, es difícil; para trazar la marcha de la vida en el tiempo, señalando la sucesión de las formas, es preciso conocer todas éstas ó gran parte de ellas, y no puede hoy decirse que se conozcan todas las formas vegetales que existen ó han existido; hay en la Paleontología vegetal grandes lagunas; hay también en la Tierra muchas regiones por explorar científicamente, mucho más bajo el punto de vista paleontológico. Sin embargo, se ha fundado la Filogenia con abundantes materiales, quizá suficientes para afirmar, sin gran error, la marcha general; insuficientes desde luego para trazar detalladamente el cuadro que se intenta construir como desiderátum de esta clase de estudios.

Para el enlace de los organismos actuales disponemos de datos numerosos que todas las partes de la Botánica nos suministran; para enlazar los vegetales del pasado tenemos tan sólo los datos de la Fitopaleontología. Fósiles vegetales, son muchos los que se conocen; impresiones de órganos diversos pueden recogerse á cada paso, y hay terrenos, como los carboníferos y algunos terciarios, en que abundan extraordinariamente.

Los materiales se encuentran distribuídos en una multitud de trabajos parciales y en libros voluminosos; recordemos entre los cultivadores de la Fitopaleontología á Brongniart, Göppert, O. Heer, Ettingshausen, Unger, Schimper, Saporta, Nathorst y Grand-Eury.

No bastan los datos paleontológicos; cuestiones de carácter general, que se relacionan con la vida de los seres actuales, han de tenerse en cuenta para delinear la filogenia vegetal, si no se quiere cometer error, cuestiones que aluden á las relaciones de la planta con el medio, á los esfuerzos de adaptación que el organismo se ve precisado á hacer. Una de las más interesantes es la relativa á la regresión que algunos seres sufren al adaptarse á medios que no les son propios ó les son desfavorables.

La sucesión de los organismos no siempre es progresiva; hay progreso en el conjunto, pero puede haber movimiento regresivo

en algún detalle, y al adaptarse los seres que han sufrido la metamorfosis regresiva, pueden originar un curioso grupo de organismos que parezca no tener relaciones de afinidad con ningún otro, pues de todos se halla distante. Dos ejemplos podemos citar: en los terrenos geológicos aparecen antes las algas que los hongos, y se cree que muchos de éstos pueden derivar de aquéllas por una regresión impuesta por el parasitismo; ya hemos visto que el parasitismo es capaz de motivar un gran polimorfismo é imponer á ciertos vegetales una especie de emigración. El otro ejemplo le proporcionan las monocotiledóneas; algunos autores han creído que estas fanerógamas eran el lazo de unión de las gimnospermas y las dicotiledóneas; sin embargo, la opinión de los botánicos modernos acepta que son dicotiledóneas degeneradas.

La prueba de que se vencen, gracias al progreso de la Ciencia contemporánea, las dificultades más insuperables, es que se han publicado obras que abarcan la evolución vegetal en conjunto, obras que han tenido feliz éxito y en las que el problema ha sido en su mayor parte resuelto; ejemplo de ello son los libros de Saporta y Marión (*L'evolution du regne végétal*, tres volúmenes).

Se ha logrado en la Botánica tanto ó más que en la Zoología; la obra citada y las de Gaudry respecto al encadenamiento de los animales, tienen cierta semejanza é indican un progreso idéntico en la una que en la otra rama de la Biología. En cierto modo favorece al estudio de los vegetales el que la mayor parte de éstos hayan vivido sobre la Tierra, mientras en los animales sucede lo contrario, la mayor parte han vivido en las aguas. Esta diferencia de medio es trascendental, y puede explicar las diferencias en el plan general orgánico.

En la apreciación del valor que puedan tener las impresiones vegetales halladas en los terrenos geológicos, conviene tener en cuenta una enseñanza de carácter general que se deduce de la discusión habida entre dos ilustres fitopaleontólogos, Saporta y el profesor de Stokolmo Dr. Nathorst, acerca de la naturaleza de las impresiones llamadas *bilobites* ó *crucianas*. El primero de dichos autores las considera como algas primitivas, pues se encuentran en el terreno silúrico (en Almadén son frecuentes), y el segundo cree formadas dichas impresiones de un modo mecánico al caminar

ciertos animales sobre los sedimentos blandos. Para no caer en el error, es preciso depurar todas las cuestiones, aun aquéllas que parezcan de menor importancia y de ninguna trascendencia. Podrán los bilobites ser algas como Saporta quiere, pero no puede negarse que Nathorst ha puesto fuera de duda un hecho: que muchos animales pueden dejar sobre el suelo blando estrías é impresiones, y por un proceso muy natural llega á formarse un relieve estriado, de forma bien definida, que asemeja la impresión de un alga.

En la imposibilidad de trazar aquí extensamente la evolución de los vegetales, objeto de este capítulo, reseñaremos á grandes rasgos la sucesión de estos organismos en los tiempos geológicos con los datos que los fósiles proporcionan.

Origen de los vegetales. — Concuerda el que actualmente tienen todos los individuos que nacen, con el que tuvieron los primeros que en el tiempo se formaron. Una planta cualquiera, de complicado organismo, se origina por la segmentación y diferenciación sucesiva de la célula embrionaria. Esta es en último caso un glumérulo de protoplasma muy activo, encerrado en la membrana que él mismo se fabrica. Las criptógamas más sencillas no derivan de la célula siempre, pero en todos los casos derivan de una porción protoplásmica que se diferencia más ó menos.

En este principio convienen todas las plantas; la primera manifestación del árbol más corpulento es el protoplasma, como lo es de la más rudimentaria criptógama, del hongo más sencillo y ruin, del helecho más elegante ó de la más soberbia palmera. El mismo es el punto de partida de todos los organismos; es éste un hecho indudable.

Es un hecho también que difieren muy poco los vegetales protofitos y los animales protozoos, que hay identidad casi absoluta en las manifestaciones primeras de la vida. Si comparamos el enlace de las formas orgánicas con el de las ramificaciones de un árbol, que parten todas de un mismo tronco, y juzgando que el tronco común es el protoplasma y de él parten dos gruesas ramas divergentes, una que representa á los vegetales y otra á los animales, comprenderemos con facilidad que la razón, el fundamento y el origen de la división de los dos grupos estará en el punto en que

las ramas nacen; siendo divergentes, la más leve separación es la base de grandes diferencias futuras. Un detalle insignificante que en un momento del tiempo marque un nuevo rumbo, puede ser causa de una separación morfológica cada día más radical. Así, las grandes diferencias que hoy se observan entre los seres zoológicos y los seres botánicos fueron en su origen tan insignificantes, que el nacimiento de la gran rama de los organismos vegetales fué motivado por un fenómeno sencillísimo de adaptación al medio.

En los protistas – dicen Saporta y Marión – hay adaptaciones y diferenciaciones de diversos géneros, pero que no llegan jamás á constituir estados celulares permanentes. Siempre se manifiesta el estado amibóideo en un cierto momento de la existencia. Hay modificaciones que aproximan los protistas á la vida vegetal; en cambio, puede decirse que *el protoplasma de aquellos seres rudimentarios se afirma en el sentido animal acentuando su irritabilidad.*

Se comprende – siguen diciendo aquellos autores – que la masa protoplásmica puede definir sus contornos por la secreción de una membrana periférica rígida. Por otro lado, puede aparecer, por la transformación del protoplasma mismo, una substancia especial, la clorofila, que sea causa de que se produzcan inmediatamente una serie de funciones fisiológicas nuevas. Toda la característica de la vida vegetal se realiza de hecho en la célula, rodeada de una membrana, y con su contenido protoplásmico y clorofílico. Ya sabemos que la clorofila es una simple diferenciación protoplásmica que da lugar á que se formen los leucitos activos.

El protoplasma es hoy en la ontogenia la primera manifestación de la vida orgánica; en el tiempo debió suceder lo propio. Los mares primitivos, con el agua densa, con productos numerosos disueltos y una temperatura considerable, eran campo abonado para esa transformación trascendental de los cuerpos ternarios en cuaternarios y albuminóideos, base de la formación del protoplasma, y éste debía abundar en aquellos mares; él era el único representante del mundo orgánico, cuya variedad sorprende hoy.

En el plasma primitivo la diferenciación de la membrana tenía que ser sumamente fácil; un cambio de circunstancias exteriores, el contacto mayor ó menor con la atmósfera, pudo hacer que la materia albuminóidea, para defenderse, se rodeara de una mem-

brana. Cuando á la materia orgánica amorfa siguieron los protistas, en éstos se manifestaron las dos tendencias antes indicadas; se acentuaba la irritabilidad, el movimiento era mayor, el protista ingresaba en el mundo de los animales; por el contrario, para huir de circunstancias externas desfavorables, el protista engendraba una membrana, se hacía menos sensible su periferia y por ende se inclinaba á la vida sedentaria, ingresaba de hecho en el mundo vegetal.

Los primeros vegetales se formaron, pues, en las aguas y los grupos inferiores en el mar hallaron su desenvolvimiento; los protofitos más genuinos, las algas actuales, son acuáticos, en su mayor parte marinos; en su origen lo eran todos.

No es fácil obtener pruebas directas de la existencia de los primeros seres orgánicos; la materia de que estaban constituídos es la menos á propósito para la fosilización; compréndese sin gran esfuerzo que no sea posible obtener restos pétreos de la clara de huevo que reproduzcan las condiciones y la forma de esta substancia, y la clara de huevo ofrece mucha semejanza con el protoplasma; quienes conozcan lo qué son las algas más rudimentarias, no dudarán de que era imposible una fosilización semejante á la que han sufrido otros seres vegetales posteriores. Aunque el problema tuviera dificultades que parecían insuperables, no ha quedado por resolver. Si no han podido hallarse en los terrenos arcáicos impresiones de las algas primitivas, se han hallado muestras de su existencia.

Convienen los geólogos en atribuir un origen orgánico á los restos carbonosos que en diferentes terrenos geológicos se encuentran; convienen también en que los carbones forman una serie que comienza en la turba y termina en el diamante; allí donde se encuentra uno de los carbones de la serie, ha existido previamente el organismo, de ordinario vegetal, que motivó su formación.

Entre los gneis del terreno laurentino se hallan, y no con extraordinaria rareza, el betún, el asfalto, la antracita y el grafito; estos minerales no pueden atribuirse á otra causa que á la descomposición, en determinadas condiciones, de la materia orgánica que formaba los protistas, por los que se inició la vida en aquella edad remotísima.

Como afirmación definitiva respecto á este punto, decía en mi libro *Tratado elemental de Geología* (Barcelona, 1890): «El betún, el asfalto, la antracita y sobre todo los numerosos pequeños depósitos de grafito que se encuentran entre los gneis del terreno laurentino, no pueden atribuirse sino á un origen orgánico; son seguramente los restos de las algas primitivas, el resultado final de la carbonización de éstas.»

Cítase por algunos autores la presencia en el diamante de ciertas algas de las más rudimentarias (Göppert), referibles á los *Protococcus* de hoy. De confirmarse este hecho nos indicaría la naturaleza morfológica de las algas primeras. No hay sobre este asunto datos positivos, si no es el ya afirmado de que eran cuerpos protoplásmicos marinos escasamente diferenciados; algas bien definidas sólo se encuentran en los sedimentos de las formaciones silúricas.

Dominio de las talofitas. — Pronto debieron extenderse por el primitivo Océano las formas de protofitos sumergidos ó flotantes por las que la vida vegetal se inició; las condiciones eran bien favorables para que aquellas talofitas dominaran; durante mucho tiempo fueron los únicos vegetales que existían. La primera diferenciación les dividió en dos categorías, y fué motivada por la emergencia de algunas tierras; algunas algas debieron acomodarse á vivir fuera de las aguas, estableciéndose en las tierras emergidas; las otras continuaron viviendo en el seno del Océano.

Dominaron las algas todo el tiempo de las formaciones silúricas; en las superiores de éstas se han hallado ya restos pertenecientes al tipo de las criptógamas vasculares; en el terreno devónico comienza el dominio de estas últimas, y llegan al período álgido durante los tiempos carboníferos. Sin embargo, las algas continuaron dominando en las aguas, y en los Océanos tienen aún preponderancia; ya veremos que los tipos de hoy son bastante diferentes de aquellos á que pertenecen las algas paleozóicas.

Saporta divide desde luego los tipos de la flora marina primitiva en dos grupos: uno que pertenece exclusivamente á los tiempos silúricos; el otro que, apareciendo entonces, ha prolongado su existencia, sin sufrir grandes cambios, hasta períodos muy lejanos. En la primera categoría incluye á los géneros *Bilobites*

Dekay (*Cruziana* D'Orb.), *Fræna* Rouault, *Chrossocarda* Schimp., *Arthrophycus* Hall. (*Harlania* Göpp.) y *Eophyton* Torrell.; todos ellos poseen organización idéntica, si bien difieren por caracteres genéricos y aun quizá de familia. En la categoría segunda se comprenden las algas conocidas con el nombre común de *alectorurídeas*, además de las *paleoficeas* y de las *condriteas*. Excepción de algunas de estas últimas que tienen cierta remota semejanza con determinadas florídeas actuales, ninguno de los tipos paleozóicos tiene representación en las floras de nuestro tiempo.

Conviene advertir aquí algo acerca de que hemos hecho una indicación anteriormente. No todos los fitopaleontólogos aceptan la naturaleza vegetal de los restos que Saporta considera como algas de la primera de las categorías que establece; por el contrario, hay quien cree (Nathorst) que aquellos restos son impresiones dejadas por los crustáceos ú otros invertebrados análogos al caminar sobre terrenos blandos (*Bilobites*, *Chrossochorda*, etc.) ó estrías producidas por cuerpos inertes arrastrados sobre el fondo del mar por el movimiento de las olas (*Eophyton*, *Spyrophyton*, etc.).

Con verdadero ardor ha seguido Saporta defendiendo su criterio, creyendo substancial y de gran trascendencia filogénica la declaración de que los bilobites y los restos análogos son representantes de las algas paleozóicas más antiguas. Con pacientísimas experimentaciones, hechas principalmente valiéndose de crustáceos del género *Idotea*, Nathorst ha combatido la opinión del sabio fitopaleontólogo francés, y muestra á los que se honran visitándole allá en su renombrado laboratorio de la Academia de Ciencias de Estokolmo, los moldes obtenidos artificialmente por el caminar de los crustáceos mencionados, y que asemejan en pequeño á los bilobites silúricos. En la discusión terció el distinguido geólogo portugués Sr. Delgado, aduciendo razones nuevas en apoyo del criterio de Saporta, y en el terreno silúrico de Almadén se han recogido ejemplares cuya estructura es idéntica á la del *Arthrophycus Harlani* Hall., reconocida por todos como vegetal.

Los géneros motivo de la discusión indicada son todos del silúrico. Las algas paleoficeas (*Palæophycus*) comienzan en el silúrico inferior y alcanzan hasta la base del plioceno; tienen los filomas simples y tubulosos, ó subdivididos en segmentos cilindróideos

siempre poco numerosos y obtusos en la extremidad; ofrecen el aspecto de las caulerpeas actuales.

Algas paleozoicas son también las *alectorurídeas;* alcanzan sin embargo hasta los terrenos terciarios; el género *Taonurus* ha sido hallado en el mioceno superior de Alcoy. Los géneros *Alectorurus* Schimp., *Spirophyton* J. Hall. y *Physophycus* Schimp., son paleozoicos y fueron observados primeramente en América. Es muy curiosa la forma de estas algas, por el sinnúmero de estrías que presentan y el contorno con un ribete especial; se le ha comparado á la impresión que dejaría sobre un suelo blando el paso de una escoba. Saporta y Marión creen que pueden referirse á las algas codieas y udoteas actuales.

Las *condriteas*, que adquirieron extensión en los terrenos paleozoicos, disfrutaron como las anteriores larga longevidad, pues no desaparecen hasta los tiempos terciarios. Por su aspecto, que permanece uniforme al través de tanto tiempo, se asemejan á las gigartineas actuales, pero un estudio más profundo ha hecho que se les relacionara con las algas del género *Codium*, algunas de las cuales han producido en terrenos recientes impresiones idénticas á las de condriteas. Tienen éstas un talo á veces muy ramificado, con ramillas cilindróideas de terminación obtusa.

Dominaron las algas todo el tiempo silúrico, y en los mares continuaron y continúan dominando con relación á los otros vegetales. No obstante, en las tierras emergidas, á fines del período silúrico, aparecieron las criptógamas vasculares, cuyos restos han sido hallados en la América del Norte, en Inglaterra y en Bohemia.

Comparando la sucesión de las criptógamas en los tiempos primeros con la serie que marca el desenvolvimiento de las actuales, obsérvase que en el pasado faltó el tipo intermedio de las *muscíneas* que liga hoy á las algas superiores con las criptógamas vasculares. Puede explicarse el hecho de varias maneras: por la dificultad de fosilización de los musgos y de las hepáticas, ó porque éstas sean una rama derivada de las algas primitivas que se habituaron á la vida terrestre y llegaron á la forma de muscíneas tras de larga evolución, mientras otras algas caminaron en su transformación más de prisa. Pudo también existir algún tipo colectivo de algas, de las

cuales derivaran las criptógamas vasculares pronto, y más tarde las muscíneas.

Me inclino á la primera explicación del hecho. Los musgos,

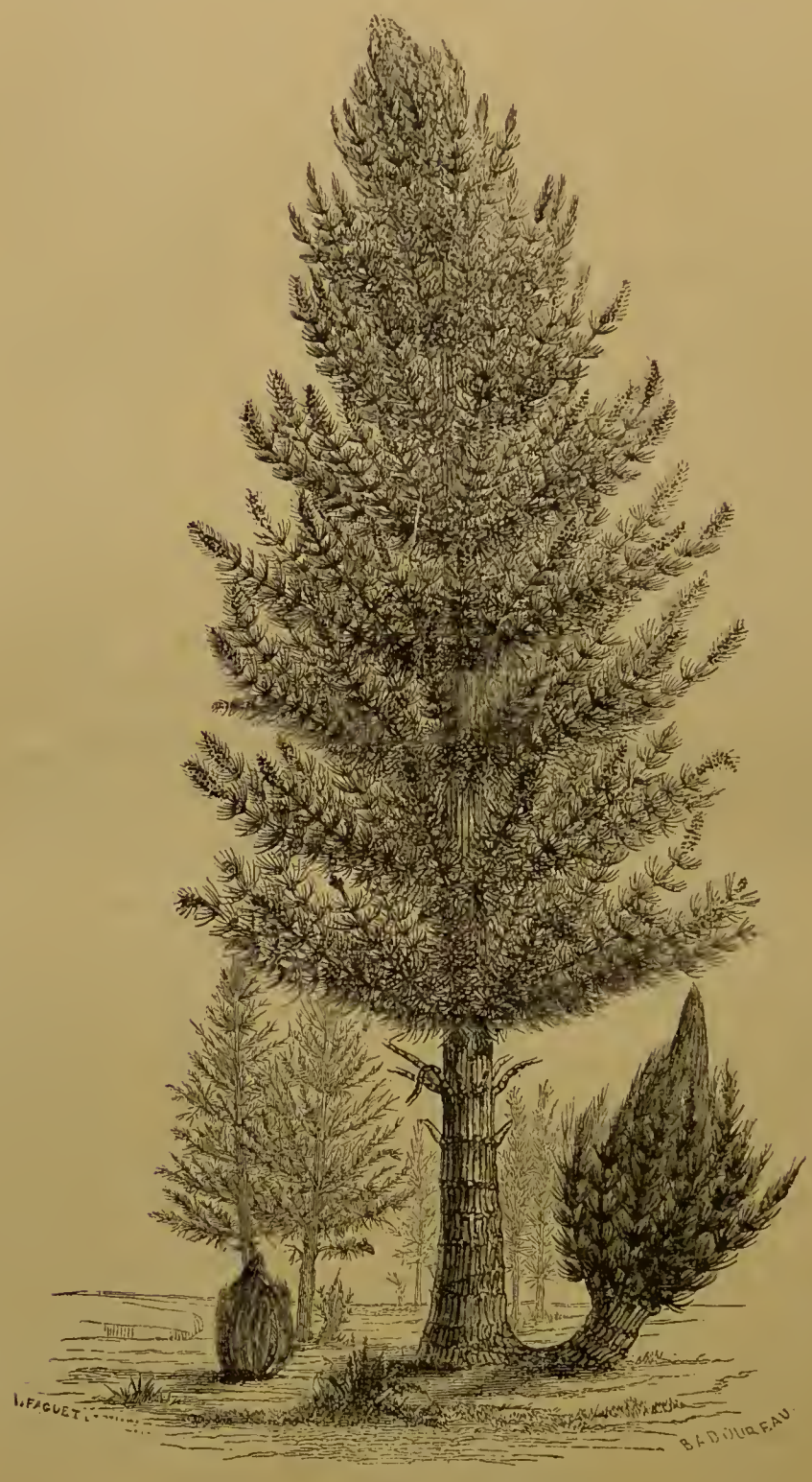


Fig. 138. – *Calamites* restaurado.

habitantes de lugares pantanosos en un principio, no se fosilizarían; acaso podrían motivar el depósito de substancias carbonosas, de modo parecido á cómo ocurre en la actualidad y ocurrió en los tiempos carboníferos. Las primeras muscíneas asentaron sus rizoi-

-2.—Phymatoderma liasicum. Schimp.—3. Phym. cœlatum, Sap.—4. Chondrites pusillus, Sap.—5. Ch. rigescens, Sap.—6. Ch. eximius, Sap.—7. Ch. stellatus, Sap. —8. Munsteria visceralis, Sap.

des en la tierra, y ha de tenerse en cuenta la facilidad con que ésta desaparecería, juguete como era de un mar nada tranquilo. Por otra parte, hasta hoy las formaciones silúricas estudiadas son marinas. Hay que advertir que abundan en el silúrico los depósitos carbonosos; existen capas de antracita en Escocia, Irlanda y Portugal.

Dominio de las criptógamas vasculares. – Son las primeras plantas que se enseñorearon de las tierras; las primeras que formaron bosques, elevando al aire sus tallos y extendiendo sus frondes de amplia superficie; las primeras que ejercieron dominio en los continentes, dando atractivo á su monotonía con las variedades del paisaje, que no dejaría de tener excepcional belleza y para nosotros tendría, si se reprodujera, excepcional originalidad.

Fig. 139. – *Asterophyllites* restaurado.

En los períodos geológicos se encuentran tres clases de formas orgánicas: las unas proceden del tiempo pasado, adquieren en éste cada vez menor importancia y á veces desaparecen; las otras son también procedentes de tiempos anteriores, y adquieren en el que se caracteriza su máximum de desenvolvimiento, y las de la última clase se inician en el período aquél, llamadas á ejercer preponderancia en un período venidero, sustituyendo á las que dominaban en éste. Así, en la primera mitad de los tiempos paleozoicos dominaban las talofitas, tenía preponderancia la vida acuática; sin embargo, aparecieron ya las primeras criptógamas vasculares. En la edad carbonífera, en cambio, éstas son las que dominan en las tierras y se inician las formas de plantas gimnospermas, que en la siguiente edad han de formar importantes bosques.

En el silúrico superior se encuentran ya algunas criptógamas vasculares, como las del género *Psilophyton;* adquieren alguna extensión en el devónico, representadas por equisetáceas de los géneros *Bornia, Calamodendron* y *Asterophyllites,* formas de elevada

talla, como los *Lycopodites* y los *Lepidodendron;* helechos variadísimos, principalmente de los géneros *Neuropteris*, *Megalopteris*, *Caulopteris*, *Sphænopteris*, *Cyclopteris* y *Archæopteris*.

Fig 140. - Helechos paleozoicos restaurados.

Donde las criptógamas vasculares llegan á la plenitud de su desenvolvimiento, dominando por completo é imprimiendo sello propio á una vegetación exuberante, es en el período carbonífero.

Las formas que estaban representando en aquella edad al tipo

vegetal indicado eran las correspondientes á estos grupos: equisetáceas, helechos ó filicíneas, licopodiáceas y rizocárpeas.

Equisetáceas son, según algunos botánicos, las *Bornia* devónicas y otras plantas de tallo fistuloso; según otros, no pueden referirse al grupo que tiene por tipo el género *Equisetum* de nuestra actual flora. A él pertenecen genuinamente los *Calamites*, las *Annularia* y los *Asterophyllites*.

Abundan mucho en los pisos del terreno carbonífero las impresiones de los tallos aplastados de *Calamites;* en Belmez, en San

Fig. 141. – *Alethopteris.*

Fig. 142. – *Odontopteris.*

Juan de las Abadesas, en Asturias y León se recogen curiosos ejemplares, característicos por sus nudos, de trecho en trecho dispuestos, y sus canales, mejor que estrías, recorriendo el tallo longitudinalmente (fig. 138). Se ha supuesto que debieron algunas especies tener talla considerable; alcanzaron á veces la de cuarenta pies, comprobada en diversos ejemplares, y un grosor de tres pies. Nacían de rizomas subterráneos, estriados, provistos de raicillas y con ramificaciones en todos los sentidos.

Las *Annularia* y los *Asterophyllites* (fig. 139), con sus hojas características, se consideran como fugaz adaptación á especiales condiciones. Desaparecieron con la edad paleozoica.

El grupo de los helechos desplegó asombrosa variedad de formas, y sus frondes aceptan variados dibujos. Schimper hace ya

mucho tiempo calculaba en cerca de 300 el número de las especies; hoy son muchas más. Había helechos arborescentes (fig. 140) de porte idéntico casi al de los actuales, y especies herbáceas; tenían los unos delicadas frondes sumamente divididas, en los otros eran sencillas, de foliolos enteros ó de contorno uniforme, sin división alguna (figs. 141, 142 y 143). Algunos tallos se elevaron á veinte metros, la altura de las más altas palmeras de los oasis del Sahara; se han encontrado frondes de tres metros de longitud. El primer helecho hallado hasta hoy es el *Palæopteris* de Schimper, *Archæopteris* de Dawson y Stur.

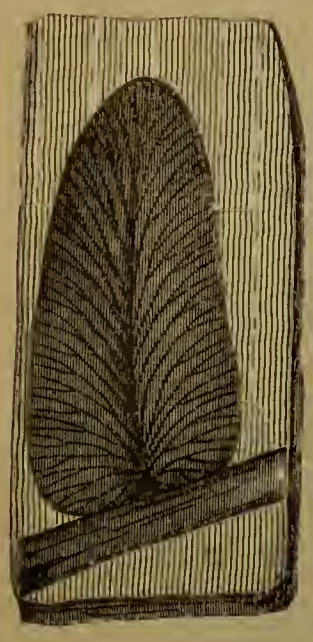


Fig. 143. – *Neuropteris.*

Gigantes y de hermoso conjunto debían ser también las licopodiáceas de aquel tiempo en que comenzaron á formarse los enormes depósitos de carbón que son hoy el alma de las industrias. Aparte algunos ejemplares, notables por cierto, de selaginelas, los representantes carboníferos de este grupo de criptógamas fueron los *Lepidodendron*. De talla colosal, pues los había de alturas superiores á cien pies, ofrecían un tallo recto, dividido y subdividido dicotómicamente, cubierto al exterior de cicatrices (figs. 144 y 145) uniformes en cada especie, variadas de una á otra, que marcaban la inserción de las hojas caídas; éstas eran lineares y largas; los frutos, estrobilos dispuestos por pares en la extremidad de ciertos ramos. Ofrecen estos vegetales el prototipo de la simetría en la disposición de los miembros y los órganos; en su constitución histológica interna se observa una delicadeza y una finura extremas.

Las lepidodéndreas, grupo maravilloso, según Saporta y Marión le llaman, no pasaron del período paleozoico; hoy están representadas por unas plantas humildes, herbáceas, que viven bajo el agua y han pasado por su humildad desapercibidas durante mucho tiempo; los *Isoetes* se consideran como el término actual de la regresión de las lepidodéndreas paleozoicas.

Los *Sphenophyllum* carboníferos ha creído Renault que pertenecían al grupo de las rizocárpeas; de esta misma opinión participan otros fitopaleontólogos modernos. Eran también plantas cor-

pulentas, simétricas, de tallo recto y grueso, profusión de ramas, y éstas cubiertas por verticilos de hojas cuneiformes profundamente estriadas (fig. 146). Las fructificaciones se hallaban formadas por

Fig. 144. – *Lepidodendron* restaurado.

verticilos de brácteas fértiles superpuestas. Las *Salvinias* actuales, plantas herbáceas flotantes, pueden muy bien ser efecto de la degradación de aquellos vigorosos vegetales carboníferos que muestran el tipo superior de la forma rizocárpea.

Unas curiosas plantas, que se llevaron primeramente al grupo de los lepidodendros y que pertenecen también al período de las grandes formaciones carboníferas, son las *Sigillaria*, en las cuales el aparato rizoide subterráneo se había considerado como cosa distinta, dándole el nombre genérico de *Stigmaria* (fig. 147).

Las *Sigillaria* son indudablemente criptógamas; tienen muchos puntos de contacto con las gimnospermas, hasta el punto de ser denominadas por algunos autores *progimnospermas*. Zeiller, en un estudio reciente, manifiesta que decididamente deben considerarse como criptógamas, pero que no está bien determinado el grado de su criptogamia.

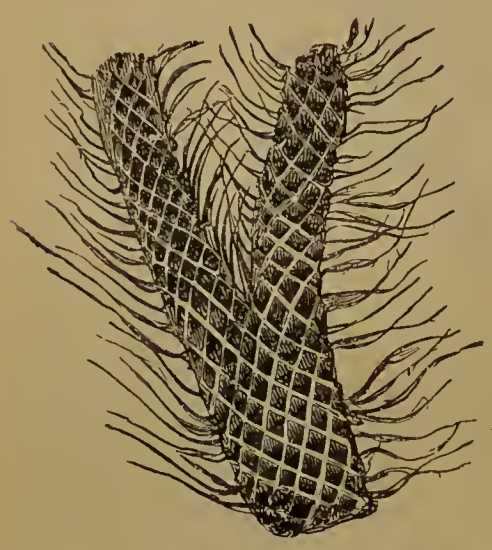


Fig. 145. – *Lepidodendron*. Pedazo de una rama.

Dominio de las gimnospermas. – Sucedieron en el tiempo á las criptógamas vasculares las fanerógamas, y de éstas, primero se enseñorearon de los continentes las gimnospermas, cuyos bosques fueron los herederos de la tierra que antes habían cubierto los bosques de grandes criptógamas.

Saporta cree que á la vez pudieron derivarse de las criptógamas heterospóreas las dos ramas de fanerógamas; una adaptación angiospérmica motivó la reducción considerable del tejido protaliano y el ser las macrosporas primitivas numerosas y antagónicas; una adaptación gimnospérmica dió lugar á la reducción precoz del número de macrosporas y á la persistencia de una porción notable del tejido protaliano. A las angiospermas se llegó por el intermedio de las *proangiospermas*, punto intermedio que originó dos ramas, la de las monocotiledóneas y la de las dicotiledóneas. A las gimnospermas también se llegó por un estado intermedio, *progimnospérmico*, en el que se encuentran las sigilarias, los *Cordaites*, etc. Hay un estado *metagimnospérmico* en que Saporta y Marión colocan las gnetáceas, que tienen muchos puntos de contacto con las dicotiledóneas, aun cuando en su aspecto aparezcan muy inferiores á las coníferas, con las que estuvieron mucho tiempo confundidas.

Representan en el pasado á las gimnospermas dos grupos bien conocidos y notables: el de las coníferas y el de las cicádeas.

Hacia mediados del período paleozoico aparecieron las prime-

Fig. 146. – *Sphenophyllum* restaurado.

ras gimnospermas; en los terrenos carboníferos se hallan ya bien representadas las cicádeas con los géneros *Nœggerathia* (fig. 148) y *Pterophyllum*, las coníferas con los *Ginkgophyllum*, *Walchia*, *Araucarites*, etc. Respecto de la verdadera colocación de algunos

de estos géneros, trabajos notables de Lesquereux, de Grand'Eury y Renault arrojan mucha luz por lo que respecta á la derivación de las formas diversas de gimnospermas, grupo cuya filogenia particular tanto interés tiene para la general de los vegetales.

Las cicádeas aparecen en el carbonífero; son raras todavía en los comienzos del triásico, más abundantes en las formaciones medias de este período; su dominio, el máximum de desenvolvimiento morfológico, le alcanzaron hacia la parte media del jurásico; pasado este tiempo decrecen hasta quedar reducidas á las formas actuales.

Se ha creído que podían referirse á la familia de las coníferas ciertas maderas fósiles halladas en el devónico superior *(Aporoxylon);* bien definidas como plantas de tal familia son las que se encuentran en el terreno carbonífero; á partir de este tiempo han tenido las coníferas marcada influencia en la vegetación del globo; hoy la tienen todavía, pero la comparten con plantas de mayor influjo; en cambio en el período triásico y al comienzo del jurásico forman casi por sí solas extensas selvas á las que imprimían particular aspecto.

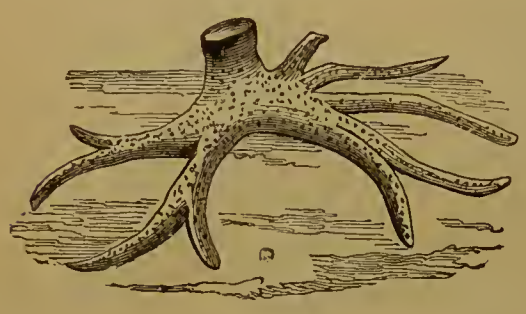


Fig. 147. – *Stigmaria,* raíz de *Sigillaria*

Entre las coníferas más curiosas, que se distinguen más de las actuales, podemos citar los géneros *Walchia* y *Voltzia* (figs. 149 y 150); dominó durante el período de la arenisca roja y el segundo en la parte inferior y media del triásico.

Acompañaban en los bosques mesozoicos á las gimnospermas representantes de los grupos vegetales que habían dominado en la edad paleozoica; á ésta podemos considerar como la era de las criptógamas, primero de las talofitas, después de las criptógamas vasculares; la vegetación cambia en los tiempos mesozoicos y los grandes bosques de criptógamas son reemplazados por los de progimnospermas y gimnospermas.

Se encuentran con estas últimas muchos restos de equisetáceas, lepidodéndreas, sigilarias y algas; se han observado también algunos hongos. Los helechos pertenecen á los géneros *Dicksonia, Thyrsopteris, Laccopteris, Dictyophyllum, Asplenites, Adiantites,*

1-5. Clathropteris platyphylla Brongn.

Danæa, *Marattia*, *Sphenopteris*, *Clathropteris*, etc. Entre las algas citaremos los géneros *Chondrites*, *Codites*, *Itiera*, etc.

Dominio de las angiospermas. — Tras del estado gimnospérmico siguió el metagimnospérmico, representado por las gnetáceas. A la aparición de las verdaderas angiospermas precedió la de plantas que constituían una fase proangiospérmica, según antes hemos

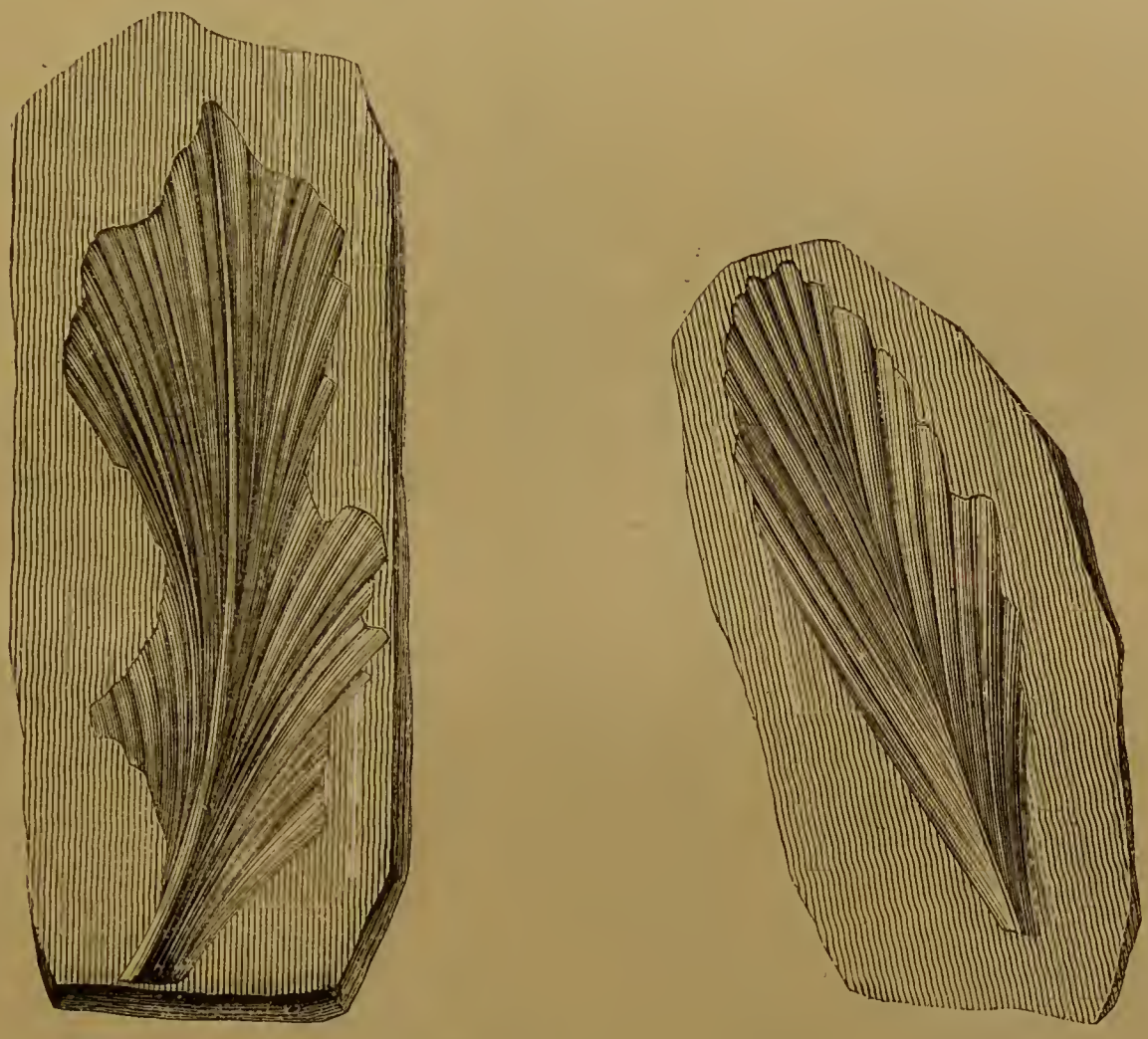


Fig. 148. – Impresiones de hojas de *Nœggerathia*.

indicado. A tal fase deben pertenecer los *Spirangium* del carbonífero superior, el *Dichoneuron Hookeri* del pérmico de Rusia, el *Æthophyllum speciosum* del trías, los *Yuccites*, *Willamsonia*, etc.

El dominio de las angiospermas comenzó cuando decrecían las gimnospermas, al final de la era mesozoica; en la actualidad son las plantas dominantes, las que imprimen á la flora riqueza mayor de formas y dan variedad inusitada á las fases distintas que la vegetación ofrece. Las familias con que el dominio de las angiospermas se inicia son las mismas que conocemos hoy. En Groenlandia, en la América del Norte, en el Hartz, en Bohemia, Provenza y Sue-

cia meridional abundan los restos de aquellos vegetales en el terreno cretáceo superior; se encuentran representados por magnoliáceas, leguminosas, araliáceas, cupulíferas, platanáceas, etc.

Se evolucionan en sentido distinto las dos ramas de angiospermas; las monocotiledóneas y las dicotiledóneas.

Las monocotiledóneas proceden sin duda de las espadicifloras mesozoicas, que hemos considerado como proangiospermas y que pueden referirse á las aróideas ó á las pandanáceas. Las monocotiledóneas bien definidas más antiguas hasta hoy, pertenecen al infra-lías y son las nayadáceas (género *Najadita*), que tienen tipo semejante al de ciertas plantas actuales. En el cretáceo superior se ha indicado también la presencia de una especie de *Pistia* y de un tipo próximo al de los *Acorus* de hoy. A partir de aquel tiempo, ya el grupo de las monocotiledóneas se desenvuelve con gran variedad de formas.

Fig. 149. – Rama y fructificaciones de *Walchia*.

Las grumáceas se inician en la creta de Groenlandia por la *Arundo Groenlandica* Hr., la más antigua de las especies conocidas de aquella división. Las palmas hacen su aparición en Europa por la *Flabellaria chamæropifolia* Gopp. En el mismo tiempo aparecen las irídeas.

Las dicotiledóneas se manifiestan en la mitad superior del terreno cretáceo; en nuestro tiempo han logrado completo dominio; forman un grupo en evolución creciente, que se transforma en detalle á nuestra vista. A este movimiento de transformación se deben – dice Saporta – las nimias diferencias en que se amparan ciertos botánicos para proclamar la multiplicidad de las formas específicas, realizando, á fuerza de análisis, lo que se ha denominado con oportunidad la *pulverización de la especie*.

Deducciones. – El bosquejo rápido que hemos trazado del desenvolvimiento vegetal en las edades geológicas, prueba desde luego un hecho: la progresión ha sido ascendente; aparecieron pri-

mero los vegetales más rudimentarios, después, sucesivamente, se manifiestan los tipos de criptógamas y de fanerógamas cada vez más complicados. La naturaleza tiende siempre de lo elemental y

Fig 150. – Rama y fruto de *Voltzia* (restaurados).

sencillo á las formas de mayor diferenciación; comprueba esto la existencia de una evolución progresiva en el conjunto; el principio fundamental está sobradamente afirmado.

De la evolución general de las formas vegetales han trazado Saporta y Marión el cuadro de la pág. 335.

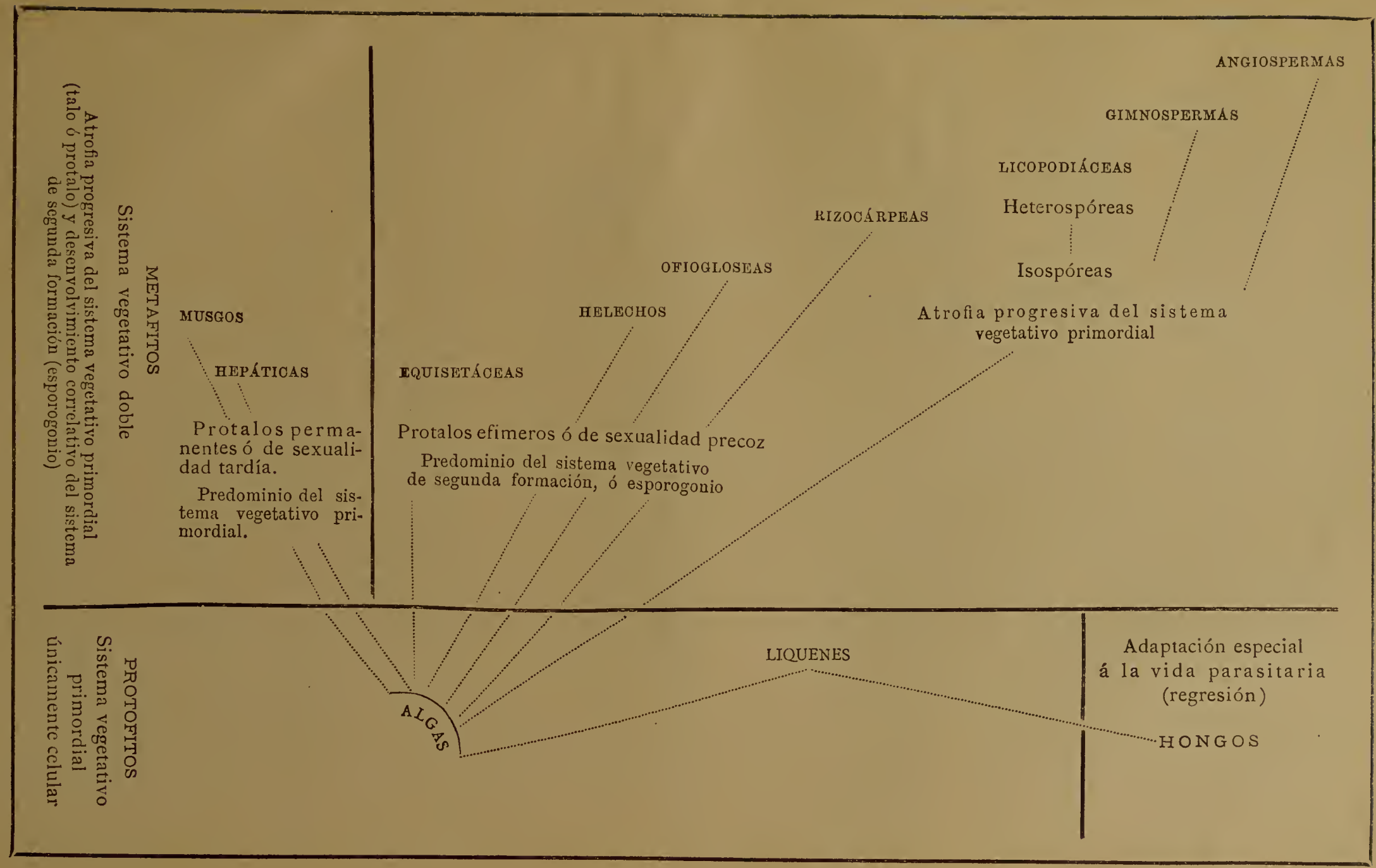
No creemos que se haya llegado á la aspiración de la Botánica moderna trazando el cuadro siguiente; pero, por los estudios que le acompañan, por los datos acumulados para trazarle y por la mira sintética que supone, es un progreso grande y debe hacerse del dominio de las gentes cultas.

La sucesión de los vegetales á través del tiempo, no es sólo *progresiva*, tiene también carácter de *continuidad*. Desde que se formaron los primeros glumos de protoplasma en el primitivo Océano, hasta hoy, no se ha interrumpido la vida vegetal ni un momento; esto indica que los cambios operados en el globo no han sido ni generales ni bruscos, sino obra de la pacientísima labor del tiempo.

Puede aplicarse aquí exactamente lo que en otro lugar decía acerca de los animales, con sólo cambiar esta palabra:

«El primer hecho que demuestra la Paleontología es que, desde su origen, la vida orgánica no ha desaparecido de la Tierra; en el mundo vegetal no hay la más ligera interrupción, no existe solución de continuidad. Este hecho indiscutible impide aceptar la teoría de las creaciones sucesivas que defendió Cuvier y que asignaba á cada período geológico una fauna propia que desaparecía al terminar el período, dando lugar á una nueva é inmediata creación. Ni cada edad geológica tiene una flora exclusivamente suya, ni se suceden á la vez en los diversos puntos del globo las mismas especies. A medida que se diferencian las zonas climatológicas, se diferencian también las floras, ligando de un modo estrecho ambos factores. Esta relación aprovecha el geólogo, porque puede deducir las condiciones de cada período de la Tierra por la flora que en él se desarrolló; los hechos actuales, tomados de la distribución geográfica, comprueban la relación estrecha que liga á la flora con las condiciones del medio.»

No sigue la Filogenia vegetal una sola serie; no es el mundo vegetal una línea continua ni una cadena de numerosos eslabones, como muchas veces se dice; en el desenvolvimiento se han manifestado tendencias numerosas que son otras tantas ramificaciones; las series vegetales, las direcciones de la evolución, son muchas; no imita la Filogenia una cadena, sino un árbol bastante ramificado. No deben buscarse por tanto las relaciones filogénicas en dirección


METAFITOS
Sistema vegetativo doble
Atrofia progresiva del sistema vegetativo primordial (talo ó protalo) y desenvolvimiento correlativo del sistema de segunda formación (esporogonio)
MUSGOS
HEPÁTICAS
Protalos permanentes ó de sexualidad tardía.
Predominio del sistema vegetativo primordial.
EQUISETÁCEAS
HELECHOS
OFIOGLOSEAS
RIZOCÁRPEAS
LICOPODIÁCEAS
Heterospóreas
Isospóreas
GIMNOSPERMÁS
ANGIOSPERMAS
Atrofia progresiva del sistema vegetativo primordial
Protalos efimeros ó de sexualidad precoz
Predominio del sistema vegetativo de segunda formación, ó esporogonio
PROTOFITOS
Sistema vegetativo primordial
únicamente celular
ALGAS
LIQUENES
Adaptación especial á la vida parasitaria (regresión)
HONGOS

lineal; debe seguirse en esta investigación un procedimiento parecido al que se emplea para averiguar el parentesco de un individuo en el árbol genealógico.

Reconstruir este árbol es, en efecto, el propósito de la Ciencia moderna, el objeto de la Filogenia; para ello son forzosos, así los datos que el estudio de los vegetales de hoy proporciona, como los datos de la Fitopaleontología.

Hay una relación estrecha entre las fases y procedimientos ontogénicos y las fases y procedimientos filogénicos. En la Zoología se acentúa hasta en los detalles esta relación; en la Botánica puede denunciarse en la marcha general.

La Ontogenia demuestra que un glumo de protoplasma en algunos casos, una célula en la generalidad, son la base de la formación de un ser; la misma base ha tenido el desenvolvimiento filogénico; del primitivo protoplasma derivaron los protistas unicelulares, éstos son el punto de partida de las formas vegetales que sucesivamente fueron apareciendo. Todo embrión fanerogámico es primero una masa celular indiferenciada, después una masa celular que se diferencia, pero en la que apenas se dibujan los miembros distintos del aparato vegetativo; luego éste se bosqueja, y por último, tallo, raíces y hojas adquieren la forma normal adulta. El embrión de una planta superior tiene primeramente la forma de un protofito; después, cuando los haces rudimentarios aparecen, es mesofito; por último, los órganos se desenvuelven y la planta metafita queda formada.

Comparando en sus múltiples detalles la marcha ontogénica de un vegetal superior con la filogénica, hallaríamos otros puntos de notable conjunción. Precisaría para esto el conocimiento previo de la embriogenia y de la constitución histológica, así de las plantas vivas, como de las fósiles hasta hoy estudiadas; que la Filogenia sólo se reconstruye con la unión de los datos de aquellas dos categorías. No es nuestro objeto hacer un estudio detenido, sino trazar las líneas generales de este importantísimo capítulo de la Botánica, que tanto brillo da y tan bien caracteriza á la ciencia contemporánea.

Para terminar, es preciso que indiquemos la división que los geólogos hacen de los tiempos pasados, fundándose en la sucesión

de las plantas y de los animales, sancionando, al buscar en esta sucesión la base de las divisiones geológicas, el principio fundamental filogénico de la progresión ascendente de las formas orgánicas.

Divídese la historia de la Tierra en las cuatro eras ó edades siguientes:

Era arcaica. – Aparecen en ella los primeros vegetales, de los que se encuentran tan sólo vestigios carbonosos.

Era paleozoica. – Predominan primero las talofitas, después las criptógamas vasculares; aparecen las coníferas y cicádeas.

Era mesozoica. – Las coníferas y cicádeas llegan á su máximum de desenvolvimiento; aparecen las angiospermas.

Era cainozoica. – Llegan á la plenitud las plantas angiospermas.

Cada era es á la vez subdividida en diferentes formaciones, según el orden y los caracteres petrográficos y botánicos indicados á continuación.

ERA ARCAICA.

Formación Laurentina ó del gneis primitivo.

La constituyen, además del gneis, cuarcitas calizas cristalinas y grafito. Este se considera como de origen vegetal.

Formación Huroniana ó de las pizarras primitivas.

Micacitas, pizarras arcillosas, talcitas, calizas, cuarcitas. Vivían algunas algas, aunque muy raras.

ERA PALEOZOICA.

Formación silúrica.

La constituyen petrográficamente pizarras arcillosas, pizarras graptolíticas, cuarcitas, calizas y grauwackas.

En el tiempo este dominaron las algas, siendo notables las crucianas *(Bilobites)*, *Harlania*, *Frœna*, *Eophyton*, etc.

Formación devónica.

Abundan en el terreno las grauwackas, calizas y pizarras.

Se encuentran las primeras plantas terrestres (criptógamas vasculares).

Formación carbonífera.

Son las rocas principales grauwackas, calizas y pizarras.

Período de las criptógamas vasculares.

Formación pérmica.

Conglomerados, areniscas, arcillas, dolomía, margas, yeso, sal común.

Disminuyen las criptógamas vasculares; comienza el dominio de coníferas.

ERA MESOZOICA.

Formación triásica.

Areniscas, calizas, dolomía, yeso, sal común, margas irisadas, lignitos.

Dominio de las gimnospermas.

Formación jurásica.

Pizarras bituminosas, caliza oolítica ferruginosa, arcillas y areniscas de color pardo, calizas blancas, margas, caliza oolítica.

Siguen dominando las gimnospermas (*Baiera*, *Pachyphyllum*, *Czekanowskia*, etc.).

Formación cretácea.

Arenas verdes, creta, carbón, margas, arcillas, creta margosa, tobas.

Aparecen los primeros árboles angiospermos.

ERA CAINOZOICA.

Formaciones terciarias.

Eocena. – Caliza grosera, yeso, arcilla y arenisca. Flora tropical.

Miocena. – Caliza lacustre, areniscas, conglomerados, arcilla y margas. Palmeras, olmos, sequoias, abedules, magnolias, higueras, laureles, etc.

Pliocena. – Margas grises, conglomerados huesosos, areniscas. Flora semejante á la actual, aunque con distinta distribución geográfica.

Formaciones cuaternarias.

Aluviones, limo de las cavernas, moles erráticas, depósitos de arenas y gravas, brechas huesosas, arrecifes de coral.

Flora actual con diferente distribución geográfica.

FIN DEL TOMO OCTAVO

INDICE

DE MATERIAS DEL TOMO PRIMERO DE LA BOTÁNICA

PRELIMINARES

PÁGINAS

Substancias orgánicas vegetales. 5
Concepto de la organización. 8
Atributos de la vida. 12
Protistas: animales; vegetales. 14
División de la Botánica. 18
Método de estudio. 20
Carácter de la Botánica moderna.. 23

PARTE PRIMERA

BOTÁNICA GENERAL

HISTOLOGIA

CAPITULO PRIMERO. – *La célula.*

I. – Estructura.

Partes de la célula. 27
Disposiciones de las partes en el interior de la célula. . . 29

II. – El protoplasma.

Propiedades físicas. 30
Crecimiento y división.. 32
Estructura. 33
Movimientos. 37

III. – El núcleo.

Propiedades físicas. 44
Estructura. 45
Composición y reacciones. 46
Multiplicación del núcleo. 47

PÁGINAS

IV. – Membrana celular.

Composición y reacciones. 49
Origen, estructura y crecimiento. 50
Formas y dibujos de la superficie. 52
Modificaciones que sufre. 56

CAPITULO SEGUNDO. – *Productos celulares.*

I. – Leucitos y aleurona.

Leucitos. 60
Aleurona. 61

II. – Clorofila y materias colorantes.

Clorofila y gránulos clorofílicos. 63
Caracteres de la clorofila. 63
Clorofila, xantofila é hipoclorina. 65
Cloroleucitos. 65
Materias colorantes diversas. 68

III. – Almidón é inulina.

Almidón. 70
Forma, estructura y propiedades físicas del almidón. . . 73
Origen y crecimiento de los granos de almidón. . . . 75
Inulina. 77

IV. – Cuerpos minerales.

Cristales de oxalato cálcico. 78
Cistolitos. 79

V. – Cuerpos grasos.

Aceites grasos. 82
Mantecas. 83
Ceras. 83

VI. – Esencias, resinas y gomas.

Aceites esenciales. 85
Resinas. 86
Bálsamos. 87
Gomo-resinas. 87
Oleo-resinas. 87
Caucho. 87
Gomas. 88

PÁGINAS

VII. – Jugo celular y substancias en él disueltas.

Jugo celular. 89
Diastasas. 91
Peptonas. 91
Amidas. 92
Alcaloides. 93
Dextrina. 94
Principios azucarados.. 94
Glucósidas. 97
Taninos. 98
Acidos vegetales.. 98

CAPITULO TERCERO. – *Vida de la célula.*

I. – Funciones en que se divide. 100
Células artificiales. 101
II. – Asimilación y desasimilación. 102
III. – Génesis y multiplicación de las células.. 104
Renovación del protoplasma. 105
Gemación. 106
Conjugación. 106
División celular 109

CAPITULO CUARTO.— *Tejidos de los vegetales.*

I. – Origen y caracteres generales.

Formación de los tejidos. 111
Caracteres generales. 113

II. – Estudio de algunos tejidos.

Meristemos.. 115
Tejidos tegumentarios.. 117
Tejido secretor. 120
Tejido fibro-vascular. 125
III. – Aparatos, órganos y miembros de los vegetales. . . . 127

ANATOMIA Y MORFOLOGIA

CAPITULO QUINTO. – *Estudio de algunos tipos vegetales.*

I. – Protofitos.

Levadura de cerveza. 131
Agaricus campestris. 134
Fucus vesiculosus. 138

PÁGINAS

II. – Muscíneas (estudio de la *Funaria hygrometrica*).

Aparato vegetativo. 143
Reproducción y desarrollo. 145
Talofitas y muscíneas. 148

III. – Criptógamas vasculares (estudio del *Aspidium filix mas*).

Aparato vegetativo. 150
Reproducción asexual. 154
Generación sexual. 157

IV. – Fanerógamas (estudio del *abeto*).

Generalidades. 159
La raíz. 163
El tallo. 165
Las hojas. 170
Organos reproductores. 172
Embriogenia. 176

FISIOLOGIA

Generalidades. 181

CAPITULO SEXTO. – *Vida orgánica.*

I. – Funciones de relación.

Fijación. 192
Defensa. 195
Sensibilidad. 198
Movimientos. 199
Movimientos provocados. 202
Movimientos espontáneos. 209
Movimientos de atracción recíproca. 210

II. – Funciones de nutrición.

Absorción. 211
Alimentos. 212
III. – Digestión. 223
Plantas carnívoras. 226
IV. – Respiración. 233

V. – Circulación y transformaciones externas.

Circulación. 237
Función clorofílica. 239

PÁGINAS

VI. – Excreciones. 244
Excreción de substancias. 245
Excreción de movimientos vibratorios. 247
VII. – Funciones de reproducción. 248
Reproducción asexual.. 249
Reproducción sexual. 250
Generación alternante. 251

CAPITULO SÉPTIMO. – *Vida social de las plantas.*

I. – Consideraciones previas.

Asociación y organización. 255
La lucha por la vida y la asociación para la lucha.. . . 256
Cómo se asocian los vegetales. 258
Límites entre el individuo y la sociedad. 260

II. – Asociaciones entre vegetales.

Entre plantas de la misma especie. 262
Formaciones botánicas y fases de vegetación. . . . 263
Parasitismo y comensalismo.. 265
Simbiosis. 272

III. – Asociaciones de plantas y animales.

Los insectos y las flores. 275
Parasitismo, comensalismo y simbiosis.. 278

ONTOGENIA

CAPITULO OCTAVO. – *Desenvolvimiento de los vegetales.*

I. – Fecundación.

II. – Embriogenia.

Generalidades. 288
Desenvolvimiento de las gimnospermas. 290
Desenvolvimiento de las angiospermas. 292
Germinación. 299
Condiciones necesarias. 299
Fenómenos morfológicos. 302
Fenómenos fisiológicos. 304

III. – Metamorfosis.

En las criptógamas. 306
En las fanerógamas. 310

FILOGENIA

CAPITULO NOVENO. — *Evolución de los vegetales á través del tiempo.*

	PÁGINAS
Generalidades.	313
Origen de los vegetales.	319
Dominio de las talofitas.	319
Dominio de las criptógamas vasculares.	323
Dominio de las gimnospermas.	328
Dominio de las angiospermas.	331
Deducciones.	332

ÍNDICE ALFABÉTICO

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN LA «BOTÁNICA GENERAL»

A

Absorción, págs. 186, 211.
– del ácido carbónico, 217.
– de los líquidos, 218.
– de movimientos vibratorios, 220.
– del oxígeno, 215.
– de substancias sólidas, 219.
Acacia, 88.
Aceite de adormideras, 83.
– de almendras dulces, 83.
– de avellanas, 83.
– de cacahuetes, 83.
– de colza, 83.
– de haya, 83.
– de lino, 83.
– de nueces, 83.
– de olivas, 83.
– de palma, 82, 83.
– de ricino, 83.
– de sésamo, 83.
Aceites de palo, 87.
– esenciales, 85.
– fijos, 82.
– grasos, 82.
– secativos, 82.
Ácido acético, 99, 166.
– alfaorsélico, 99.
– aspártico, 92, 99.
– benzóico, 99.
– cafúrico, 99.
– cartámico, 69.
– cítrico, 99.
– fórmico, 99.
– gálico, 99.
– málico, 99.
Ácido sulfúrico ordinario, pág. 167.
– tártrico, 99.
Ácidos vegetales, 98.
– grasos, 36.
Aclimatación, 282.
Adaptación al parasitismo, 270.
– de flores é insectos, 276.
Aerocistos, 138.
Aerófobos (vegetales), 216, 234.
Agallas, 278.
Albumen (formación del), 297.
Albúmina vegetal, 8.
Alcaloides, 93.
Alcoholismo en los vegetales, 235.
Aleurona, 60, 61.
Alimentos, 212.
Alizarina, 69.
Almidón, 70.
– soluble, 73.
Amentos, 172.
Amidas, 92.
Amidodextrina, 71.
Amidulina, 73.
Amilasa, 224.
Amilodextrina, 73.
Amilosa, 71.
Anatomía, 190.
– del tallo (en el abeto), 166.
– vegetal, 19.
Anemófilos (vegetales), 176.
Anerobios (vegetales), 234.
Angiospermas (plantas), 175.
– (dominio de), 331.
Anilina, 166.
Anillados (vasos), 54.
Anillo del esporangio, 157.
– del estipe en los hongos, 136.

Antecámara de los estomas, pág. 118.
Antera, 173.
Anteridios, 141, 146, 158.
Anterozoides, 40, 141, 146, 158, 284.
Antoxantina, 68.
Aparato vegetativo de las criptógamas vasculares, 150.
– vegetativo de los musgos, 143.
Aparatos de los vegetales, 127.
Apotelios, 288.
Arabina, 88.
Arbutina, 97.
Arcaica (Era), 337.
Arquegonio, 146, 158, 175.
Arquispermas (plantas), 292.
Asfixia en los vegetales, 235.
Asimilación, 101, 102, 244.
Asociación binaria, 274.
– y organización, 255.
Asociaciones de plantas y animales, 275
– entre vegetales, 262.
Asparagina, 92, 225.
Atributos de la vida, 12.
Autofecundación, 176, 284.
Azúcar, 73.
Azul de anilina, 166.
– de quinoleina, 31.

B

Bálsamo de benjuí, 87.
– de estoraque, 87.
– de la Meca, 87.
– de liquidambar, 87.
– del Perú, 87.
– de Tolú, 87.
Bálsamos, 87.
Basidios, 136.
Berberina, 69.
Biología, 17.
Bipartición de células, 147.
Bolsas secretoras, 124.
Bosques, 263.
Botánica especial, 18.
– general, 18.
– moderna (caracteres de la), 23.
Brácteas, 170, 174.
Bulbos, 311.

C

Cainozoica (Era), 338.
Cámara polínica, 284.
– subestomática, 118.
Cámaras intercelulares, pág. 114.
Cambium, 168.
Canales secretores, 124, 167.
Capa membranosa, 30, 50.
– parietal en la célula, 30.
– pilífera de las raíces, 164.
– subhimenial, 136.
Cápsula de los musgos, 147.
Carbonífera (formación), 337.
Carioplasma, 34, 45.
Carioquinesis, 178.
Cariosomas, 34, 45.
Caseina vegetal, 8.
Caucheno, 88.
Cauchina, 88.
Caucho, 87.
Célula, 27.
– (disposición de sus partes), 29.
– (funciones de la), 100.
– (vida de la), 100.
– embrionaria, 175.
– madre del embrión, 295.
Células artificiales, 101.
– cribosas, 55.
– del arquegonio, 175.
– del canal, 146.
– del cuello, 146, 175.
– epidérmicas, 117.
– esclerosas, 71.
– (génesis y multiplicación), 104.
– madres de las esporas, 147, 156.
– madres de los anterozoides, 146.
Celulosa, 72.
Celulosina, 50, 91.
Ceras, 83.
Cerasina, 88.
Cianina, 69.
Circulación, 237.
Circulación del protoplasma, 40, 41.
Circumnutación, 163, 209.
Cirros, 40.
Cistolitos, 79.
– compuestos, 81.
Citodos, 130.
Citoplasma, 34.
Citosomas, 34.
Cloramilitas, 63.
Clorofila, 63, 65.
– blanca, 241.
– (caracteres de la), 63.
– de los protozoarios, 279.
– verde, 241.
Clorofilato de sosa, 64.
Cloroleucitos, 61, 63, 65.

Clorovaporización, pág. 246.
Colonia celular, 112.
Coloración, 68.
Color amarillo, 68.
– azul, 69.
– blanco, 69.
- negro, 69.
– rojo, 69.
Comensalismo, 279.
Cómo se asocian los vegetales, 258.
Composición del almidón, 71.
– de la membrana celular, 49
– del núcleo, 46.
-- del protoplasma, 34.
Conceptáculo masculino, 140.
– femenino, 140.
Conceptáculos, 140.
Coniferina, 98.
Conjugación de las células, 106.
Cono terminal del tallo, 295.
Conservación, 189.
Corcho, 57, 120, 167.
Corteza, 154.
– secundaria, 120.
Cosmopolitismo en las plantas, 282.
Cotiledones, 295.
Crecimiento, 182.
– del protoplasma, 32.
– intercalar, 116.
Cretácea (formación), 338.
Criptógamas (metamorfosis en las), 306.
– vasculares, 150.
– – (dominio de las), 323.
Cristales de oxalato cálcico, 78.
Cristaloides protéicos, 61.
Cromatina, 46.
Cromoleucitos, 61, 68.
Cuaternarias (formaciones), 338.
Cuerpos apocíticos, 129.
– grasos neutros, 36, 82.
Curcumina, 69.
Cuticularización, 57.
Cutina, 57.

D

Defensa de las plantas, 195.
Dehiscencia de las anteras, 173.
– de los esporangios, 156.
Densidad del protoplasma, 30.
Dermatógeno, 169, 288, 293.
Dermatoplasma, 51.
Dermatosomas, 34 51.
Desasimilación, págs. 101, 102 y 244.
Desenvolvimiento asociado, 310.
– disociado, 310.
– epigeo, 303.
– hipogeo, 303.
– de las gimnospermas, 290.
– de los vegetales, 283.
Deutoplasma, 34.
Devónica (formación), 337.
Dextrina, 94.
Dextrosa, 95.
Diastasas, 91.
Diatomina, 68.
Dicotomía, 138.
Diferenciación orgánica, 10.
Digestión, 183 y 223.
– de la fécula, 224.
– de la sacarosa, 225.
– de las grasas neutras, 225.
– de las substancias albuminóideas, 225.
– vegetal, 72.
Dimorfismo de las criptógamas vasculares, 157.
Dinámica anatómica, 190.
– del vegetal adulto, 190.
– embriogénica, 191.
– genealógica, 191.
– histológica, 190.
– social, 190.
– vegetal, 190.
División celular, 109.
– de la Botánica, 18.
– del trabajo social, 9.
Domacia, 280.
Dominio de las angiospermas, 331.
– de las criptógamas vasculares, 323.
– de las gimnospermas, 328.
– de las talofitas, 319.
Dulcita, 95.

E

Ectoderma, 288.
Eleopteno, 86.
Elemento femenino, 250.
– masculino, 250.
El hombre y las plantas, 281.
Embriogenia, 288.
Embriogenia del abeto, 176.
Embrión, 298.
Embrión del abeto, 162.

Embriones adventicios, pág. 296.
Emulsina, 91, 225.
Endoderma, 117, 288.
Endodermis, 117.
Endósmosis del protoplasma, 31.
Endosperma del abeto, 175.
Endospermo, 288.
Eocena (formación), 338.
Eosina, 31.
Epidermis, 114, 117.
– del abeto, 171.
Epifitos, 267.
Epitelios, 288.
Epitema, 246.
Era arcaica, 337.
– cainozoica, 337.
– mesozoica, 337.
– paleozoica, 337.
Eritrodextrina, 73.
Escaleriformes (vasos), 54.
Eritrogranulosa, 72.
Escamas fructíferas del abeto, 174.
Escamonio, 87.
Esclerenquima, 98.
Esclerenquimatosa, 54.
Esclerosas, 54.
Esclerotos, 35.
Esculina, 98.
Esencia de clavo, 85.
– de sabina, 85.
– de trementina, 85.
Esfero cristales, 75.
Espacios intercelulares, 114.
Espectro de la clorofila, 64.
Espirales (vasos), 54.
Esporas, 53.
– de la levadura de cerveza, 133.
– de los hongos, 136.
Esporangio de los musgos, 147.
– de las criptógamas vasculares, 155.
Esporogonio de los musgos, 147.
Estaca, 249.
Estambres del abeto, 173.
Estearopteno, 86.
Estereoma, 195.
Estepas, 263.
Esterigmas, 136.
Estipe, 135.
Estomas, 117, 118.
– acuíferos, 119.
- aeríferos, 119.
Estructura de la célula, 27.
– del núcleo, 45.
Estructura del protoplasma, pág. 33.
Etiolina, 65.
Evolución de los vegetales, 313.
Excreción, 187.
Excreciones, 244.
Excreción de movimientos vibratorios, 247.
Excreción de substancias, 245.
Exina, 174.

F

Fanerógamas (metamorfosis en las), 310.
Fase embriogénica, 290.
Fecundación, 283.
– cruzada, 284.
– del abeto, 176.
– de las algas, 141.
Feloderma, 120.
Felógena, 120.
Fermentación, 235.
– alcohólica, 132.
Fibrina vegetal, 8.
Fibra celular, 115.
Fibras reticuladas, 169.
Ficocianina, 68.
Fico-eritrina, 68.
Ficofeina, 68.
Ficoxantina, 68.
Fijación, 192.
Filogenia, 190, 313.
– (generalidades de), 313.
– vegetal, 19.
Fisiología, 190.
– externa, 182.
– interna, 182.
– vegetal, 19.
Fitografía, 20.
Flores, 130.
– femeninas del abeto, 162.
– hermafroditas, 251.
– masculinas del abeto, 162.
Floricina, 98.
Forma del almidón, 73.
Formación carbonífera, 337.
– cretácea, 338.
– de los tejidos, 111.
– devónica, 337.
– endógena, 104.
– exógena, 104.
– huroniana, 337.
– jurásica, 338.
– laurentina, 337.
– pérmica, 337.

Formación silúrica, pág. 337.
– triásica, 338.
Formaciones botánicas, 263.
– cuaternarias, 338.
– terciarias, 338.
Formas de la célula, 52.
Fosforescencia, 247.
Fraxina, 95.
Fruto, 130, 162, 178.
Fuchina, 31.
Función clorofílica, 239.
– conductora, 188.
– respiratoria, 188.
Funciones celulares, 185.
– de la vida específica, 189, 248.
– de nutrición, 211.
– de relación, 92.
– de reproducción, 248.
– orgánicas, 185.
– sociales, 185.
Fungina, 50.
Fusión, 189.

G

Gametas, 107.
Gemación, 106, 132.
Gelificación, 57, 139.
Generación alternante, 251.
Geografía botánica, 18.
Geotropismo negativo, 165.
– positivo, 163, 193.
Germinación, 178, 290, 298.
– (condiciones necesarias), 299.
– (fenómenos fisiológicos), 304.
– (fenómenos morfológicos), 302.
Glándulas, 117, 120, 121.
– de cristales, 79.
– digestivas, 122.
Glicógeno, 36
Globoides, 61, 75.
Glosología, 20.
Glucosas, 95.
Glucósidas, 97.
Glutamina, 93, 225.
Gluten, 8.
Glutina, 8.
Goma amoníaco, 87.
– arábiga, 88.
– tragacantos, 58, 88.
Gomas, 88.
Gomo resinas, 87.
Gonidios, pág. 273.
Granos de polen, 53, 173.
Granulaciones citoplásmicas, 38.
Granulosa, 49, 71, 72.
Gránulos clorofílicos, 63.
Gutapercha, 88.

H

Haces fibroso-vasculares, 115.
– liberianos, 167.
– líbero-leñosos, 126.
Haz fibro vascular, 125.
– líbero-leñoso, 171.
– zigomorfo, 125.
Heliotropismo, 209.
Hernia, 267.
Herrumbre de las gramíneas, 308.
Heteroecia, 270, 309.
Hialoplasma, 34.
– del núcleo, 45.
Hifas, 136, 137.
Hilo, 70.
Hmenio, 136, 137.
Hipermetamorfosis, 309.
Hipoclorina, 65.
Hipodermis, 117.
Hipofisis, 292.
Histología, 190
– vegetal, 19.
Hojas, 129.
– del abeto, 161, 170.
– de las criptógamas vasculares, 152.
– persistentes, 170.
Huevo del abeto, 175.
Huroniana (formación), 337.

I

Indigotina, 69.
Indusio, 155.
Inflorescencias, 172.
Intina, 56, 174.
Intussuscepción, 52.
Inulina, 76.
Invertina, 91, 96, 225.
Isodulcita, 95.
Isopreno, 88.

J

Jabones de resina, 86.
Jugo celular, 28, 89.

Jugo nuclear, pág. 46.
Jurásica (formación) 338.

L

Lactosa, 96.
Lagunas intercelulares, 114.
Látex, 121.
Laurentina (formación), 337.
Lebulosa, 95, 96.
Lecitina, 35.
Legumina, 8.
Leucina, 93, 225.
Leucitos, 60.
– activos, 60.
– pasivos, 60.
Levadura alta, 132.
– baja, 132.
Líber, 167.
Lignina, 58.
Lignificación, 58.
Limbo de las hojas, 152, 170.
Límites entre el individuo y la sociedad vegetales, 260.
Liquen, 273.
Liquenina, 50.
Los insectos y las flores, 275.
Lucha por la vida entre los vegetales, 195, 256.
Luteolina, 69.

LL

Llanto de las vides, 239.

M

Macrospora, 56.
Madera del abeto, 169.
Mal de las patatas, 308.
Maltosa, 73, 96.
Mannita, 94.
Mannitas, 95.
Mantecas, 83.
Materias colorantes, 63, 68.
Meatus, 114, 238.
Médula del abeto, 168.
Melitosa, 96.
Membrana celular, 28, 49.
Meristemo, 169.
Meristemos primitivos, 115.
– derivados, 116.
– secundarios, 116.
Mesoderma, 288.
Mesofitos, págs. 144, 288.
Mesozoica (Era), 338.
Metacelulosa, 50.
Metafitos, 144, 288.
Metagimnospermas, 328.
Metamorfosis, 306.
Metaspermas, 292.
Micelio de los hongos, 135, 137, 272.
Micropilo, 178.
Microrriza, 274.
Microsomas, 34.
Miembros de los vegetales, 127.
Mimetismo, 195.
Miocena (formación), 338.
Miosina, 35.
Mirosina, 91.
Mirra, 87.
Modificaciones de la membrana celular, 56.
Monopodio, 164.
Montes bajos, 263.
Morfología vegetal, 190.
Movilidad de los átomos, 5.
Movimientos, 182, 195.
– amibóideos, 39.
– de atracción recíproca, 210.
– del protoplasma, 37.
– del protoplasma libre, 38.
– heliotrópicos, 171.
– interiores del protoplasma, 40.
– nictitrópicos de las hojas, 171.
– provocados, 202.
Multiplicación, 189.
– del núcleo, 47.

N

Néctar, 276.
Nictitropismo, 209.
Nódulos secretores, 123.
Nucleína, 46.
Núcleo, 28, 40.
– femenino, 178, 286, 287.
– masculino, 178, 286, 287.
Nucleolo, 28, 40.
Nutrición, 181, 182.

O

Oleo-resinas, 87.
Ontogenia, 190, 283.

Ontogenia vegetal, pág. 19.
Oogonio, 141.
Oosfera del abeto, 175.
– de los musgos, 146.
Oosferas, 141, 284, 286, 296.
– de las criptógamas vasculares, 158.
Oospora de los musgos, 146.
Oosporas, 142.
– de las criptógamas vasculares, 148.
Opoponax, 87.
Organización (concepto de la), 8.
Organos de fijación, 186.
– de los vegetales, 127.
– de sostenimiento, 186.
– reproductores del abeto, 172.
Origen de los vegetales, 316.
– de la membrana celular, 50.
– de los granos de almidón, 75.
Ostiolo, 118, 140.
Ovario, 172.
Ovulo, 174.

P

Paleozoica (Era), 337.
Paracelulosa, 49.
Paracolesterina, 36.
Paráfisis, 137.
Parasitismo, 265, 269, 278.
Parenquima, 115.
Parenquima central del abeto, 171.
Partenogénesis, 296.
Partes de la célula, 27.
Pecíolo, 152, 170.
Pelos de los vegetales, 130.
– epidérmicos, 119.
– (formas de los), 119.
– interiores, 119.
– pluricelulares, 117, 119.
– unicelulares, 117, 119.
Pepsinas, 35, 88, 225.
Peptonas, 35, 88, 92, 225.
Perfeccionamiento funcional, 10.
Periblema, 169, 288, 293.
Perispermo, 298.
Peristoma, 147.
Pérmica (formación), 337.
Pigmentos supernumerarios, 68.
Pigmentum clorofílico, 61.
– verde, 61, 63.
Pie del embrión, 159
Placa carioplásmica, 48.
Plantas anemófilas, pág. 276.
– angiospermas, 175.
– anuales, 311.
– bisanuales, 311.
– carnívoras, 205, 206.
– dioicas, 139.
– entomófilas, 176, 276.
– fosforescentes, 247.
– gimnospermas, 175.
– insectívoras, 205.
– monocárpicas, 311.
– plurianuales, 311.
– policárpicas, 311.
Plasmodios, 31, 35.
Plástidos, 60.
Plastina, 35.
Pleroma, 169, 288, 293.
Pliocena (formación), 338.
Polen, 162, 276.
Poliembrionía, 296.
Prados, 263.
Principios azucarados, 94.
Proangiospermas, 328.
Producción de calor, 247.
Productos celulares, 60.
Proembrión, 178, 290.
Progimnospermas, 328.
Progreso orgánico, 10.
Pronúcleo embrionario, 178, 286.
Propiedades físicas del protoplasma, 30.
Prosenquima, 115.
Protalo de los helechos, 157.
– masculino del abeto, 174.
Protistas, 14.
Protofitos, 144, 288.
Protonema de los musgos, 147.
Protoplasma, 30.
Pseudoparenquima de los hongos, 285.
Punteado de la membrana, 55.
Punto vegetativo, 116.
Puntuación aerolada, 55, 169
– simple, 55.

Q

Quercitrín, 69.

R

Radiaciones fotográficas, 220.
– luminosas, 222.
– térmicas, 220, 221.
Radícula, 295.
Radios medulares, 168.

Ráfides, pág. 78.
Raíz, 129.
– del abeto, 162, 163.
– de las criptógamas vasculares, 154.
– principal, 163.
Ramas, 130, 161.
Raquis de las criptógamas vasculares, 152.
Receptáculos fructíferos, 135.
Rejuvenecimiento del protoplasma, 105.
Renovación de las plantas, 189.
– parcial del protoplasma, 105.
– total del protoplasma, 105.
Reproducción asexual, 248, 250.
– de las plantas, 181, 182.
– del *Saccharomyces cerevisiæ* Meyer, 132.
– sexual, 248, 249.
– de la *Funaria higrometrica*, 145.
Resinas, 86.
Resinatos, 86.
Respiración de las plantas, 182, 233.
Ricino, 61.
Rizoides, 139.
Rizoma de las criptógamas vasculares, 151.
Rizomorfos, 135.
Rostro de las zoosporas, 41.
Rotación del protoplasma, 40.
Roya de los cereales, 308.

S

Sacarosas, 95, 96.
Saco esporífero de los musgos, 147.
Salicina, 97.
Saponasa, 91, 225.
Saponina, 98.
Saprofitas, 67.
Sarcina, 35.
Savia, 237.
– ascendente, 238.
– descendente, 238.
– elaborada, 238.
Sebos vegetales, 83.
Semilla, 162, 178.
Sensaciones, 182.
Sensibilidad, 198.
Serie ciánica, 68.
– xántica, 68.
Silúrica (formación), 337.
Simbiosis, 272, 273, 279.
Simultaneidad de generaciones, 253.
Sinergidas, págs. 286, 296.
Sistema epitelial, 129.
– secretor, 188.
– vascular, 129.
Sorbita, 95.
Soros, 154.
Suber, 57.
Suberina, 57.
Suberización, 57.
Substancia cósmica, 5.
Substancias eliminadas, 104.
– plásticas, 104.
– vegetales, 5.
Sueño de las hojas, 171.
– de las plantas, 200.
Suspensor del embrión, 178, 296.

T

Tabique conectivo, 173.
Talofitas (dominio de las), 319.
Talus, 113, 134, 261.
– cilíndricos, 131.
– ramosos, 131.
Tallito del embrión, 295.
Tallo, 129.
– de los abetos, 161, 165.
– epicotíleo, 303.
– hipocotíleo, 303.
Taninos, 98.
Taxonomía vegetal, 20.
Teca, 133.
Tejido (definición), 111.
– apotelial, 115.
– continuo, 114.
– discontinuo, 114.
– fibro-vascular, 125.
– secretor, 125.
Tejidos (caracteres generales), 113.
– apoteliales, 114.
– de los vegetales, 111.
– epiteliales, 114.
– generadores, 115.
– permanentes, 115.
– primitivos, 115.
– tegumentarios, 117
– secundarios, 115.
Temperatura de germinación, 301.
Temperaturas críticas, 221.
Teratología, 20.
Termotactismo, 222.
Termotropismo, 222.
Tirosina, 93, 225.
Tofoplastos, 60.

Tragacantina, pág. 88.
Transformaciones internas, 188.
Tráqueas, 169.
Triásica (formación), 338.
Trioleína, 82.
Tripalmitina, 82.
Tristearina, 82.
Tronco, 165.
Tubo polínico, 178.
Tubos cribosos, 168.

U

Utrículo azoado, 30.

V

Vacuolas, 31, 90.
– contráctiles, 28, 29, 90.
Vasculosa, 58.
Vasos celulares, 115, 123.
– laticíferos, 124.
– secretores, 124.
Vegetales, 14.
– dioicos, 251.
– monoicos, 251.
Verticilos, pág. 166.
Vida celular, 185.
– de los organismos, 12.
– orgánica, 185, 192.
– social, 185, 255.
– universal, 12.
Vitelina, 35.

X

Xantina, 35.
Xantofila, 61, 65.
Xantoleucitos, 61, 65.

Y

Yemas de los abetos, 161.
Yemecillas del embrión, 295.
Yuxtaposición, 52, 75.

Z

Zigospora, 108.
Zona cortical, 167.
– subero-cortígena, 167.
Zoosporas, 40, 107.

ÍNDICE ALFABÉTICO

DE LOS AUTORES CITADOS EN LA «BOTÁNICA GENERAL»

Ascherson, pág. 101.

Baranetzki, 51, 272.
Beaunis, 72, 97, 243.
Becquerel, 239.
Behrens, 184, 223.
Belzung, 75.
Bernard, 8.
Bert, 203, 223.
Berthelot, 96.
Bonnier, 272.
Bornet, 272.
Bouchut, 228.
Bourquelot, 72.
Brandt, 279.
Brongniart, 314.
Brücke, 72, 203.

Castellarnau, 169.
Chautard, 64.
Cienkowsky, 39, 199.
Cloez, 69.
Corti, 42.
Cramer, 227.
Cuvier, 335.

Darwin, 163, 171, 200, 205, 209, 226, 260, 280.
Darwin (hijo), 227.
Dawson, 326.
De Bary, 80, 84, 85, 107.
De Candolle, 308.
Deherain, 236.
Dekay, 320.
Delgado, 320.
Drude, 275.
Dutrochet, 236.

Ettingshausen, pág. 314.

Falkand, 227, 228.
Falkenberg, 223.
Famintzin, 199, 272, 292.
Fauconpret, 237.
Fayot, 33.
Ferry de la Bellone, 274.
Fol, 287.
Forssell, 273.
Frank, 274.
Frauenhofer, 64.
Fremy, 69.

Gaudry, 315.
Gauthier, 63.
Gerhard, 87.
Godlewsky, 236, 237.
Goethe, 130.
Goppert, 314, 319.
Gorup-Besanez, 227, 229, 230, 232.
Grand'Eury, 314, 330.
Grandeau, 213, 214.
Graves, 274.
Grimaux, 243.
Grunhagen, 231.
Gruver, 96.
Guignard, 285.
Guignet, 63.

Haberland, 246.
Hanstein, 292, 294.
Harz, 74.
Hauptfleisch, 55.
Hœckel, 15, 39, 114, 125, 134, 288.
Heer, 314.
Herail, 184.

Hertwig, pág. 287.
Hoppe-Seyler, 63.
Hufner, 93.
Humboldt, 262.
Huxley, 21.
Huxtable, 219.

Jamerson, 235.

Kabsch, 236.
Kamiensky, 274.
Kunne, 228.

Laguna, 308.
Lamarck, 247.
Lanessán, 21, 76, 159, 164, 167, 182, 199, 223, 229, 242.
Lázaro é Ibiza, 204, 242.
Lesquereux, 330.
Lortet, 199.
Low, 92, 97.
Lubbock, 196.
Lundstroem, 280.
Lunpricht, 93.

Mangin, 237.
Marión, 315, 317, 326, 328.
Masters, 228.
Mattirolo, 274.
Mayer, 237.
Meyer, 28, 71, 72.
Millon, 37, 46, 232.
Moissant, 237.
Moller, 54, 57.
Monnier, 101.
Morren, 229.
Mulder, 8, 85.
Musculus, 96.

Nasse, 73.
Nathorst, 314
Nægeli, 71, 75, 199, 244.

Pasteur, 244.
Payen, 224.
Penzig, 81.
Pouchet, 46.
Pringsheim, 65, 105, 240.

Raulin, pág. 97, 244.
Ray-Lankester, 240.
Rees, 227, 272.
Reinke, 35.
Renault, 226, 330.
Rischavi, 237.
Robin, 101.
Rouault, 320.
Rouget, 8.

Sachs, 53, 57, 62, 126, 156, 222, 241, 243.
Saporta, 314, 317, 320, 326, 328.
Schimper, 60, 75, 314, 325.
Schultze, 58, 94.
Schwendener, 272.
Siemens, 222.
Solms-Laubach, 58.
Strasburger, 176, 178.
Stur, 326.

Temme, 67.
Thomson, 219.
Thuret, 199.
Timiriazeff, 222, 223, 239.
Traube, 101.
Treub, 238, 278.
Tschirch, 118.

Unger, 314.

Way, 219.
Weddell, 81.
Wiesner, 34, 51, 64.
Will, 227, 228, 229.
Witmarck, 228.
Wolkoff, 237.
Wurtz, 228.

Van-Tieghem, 48, 54, 62, 111, 127, 181, 189, 191, 204, 210, 226, 245, 289, 295, 310.
Vogt, 22, 101.
Vuillemin, 114, 130, 144, 185, 190, 194, 210, 220, 223, 238, 245.

Zeiller, 328.

WELLCOME LIBRARY INSTITUTE

PAUTA PARA LA COLOCACIÓN DE LAS LÁMINAS

	PÁGINAS
Tipos del reino vegetal.—Talofitas.	138
Tipos del reino vegetal.—Criptógamas vasculares (helechos fósiles) .	150
Tipos del reino vegetal.—Gimnospermas (cicadeas fósiles). . .	158
Tipos del reino vegetal.—Angiospermas.	178
Filogenia.—Plantas fósiles. Condriteas	322
Filogenia.—Plantas fósiles. 1 á 5.—Clathropteris platyphylla. . .	330

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO EDITORIAL
BARCELONA